DIE NATURWISSENSCHAFTEN

16. Jahrgang | 31. August 1928 | Heft 35

Über die ponderomotorischen Wirkungen des Schalles[1].

Von E. Waetzmann, Breslau.

§ 1. *Schalldruck auf nicht mitschwingende Körper.* Man versteht unter ponderomotorischen Kräften des Schalles diejenigen von Schallschwingungen oder Schallwellen herrührenden Druckkräfte, deren zeitlicher Mittelwert, genommen über eine volle Periode oder über unendlich lange Zeit, nicht gleich Null ist. Sie bringen die ponderomotorischen Wirkungen hervor; das sind Translations- oder Rotationsbewegungen des von der Schallwelle getroffenen Körpers. Natürlich können die zeitlich konstanten Druckkräfte auch durch ein Manometer oder dgl. gemessen werden, so daß es vielleicht richtiger wäre, von mechanischen Wirkungen des Schalles im Gegensatz zu den rein akustischen (oszillatorischen) Wirkungen zu sprechen. Wie die Theorie zeigt, sind solche Wirkungen nur möglich, wenn die Schallwellen nicht den gewöhnlichen linearen Gleichungen gehorchen, sondern wenn auch die Glieder höheren Grades eine Rolle spielen. Die ponderomotorischen Wirkungen sind also das Analogon zu den Kombinationstönen, nur daß es sich bei den letzten um die Schwingungsgleichungen für die von den Primärtönen erregten Körper handelt, bei den ersten dagegen um die Gleichungen für die Fortpflanzung des Schalles. Wird der Zusammenhang zwischen Geschwindigkeit und Druck bei Schallbewegungen nicht, wie üblich, linear angesetzt, sondern werden auch Glieder höheren Grades berücksichtigt, so ergibt die zeitliche Mittelbildung über die Druckkräfte einen Wert von endlicher Größe. *Dieser zeitlich konstante einseitige Überdruck ist der Schalldruck im engeren Sinne des Wortes.* Etwaige aus der Nichtlinearität der Schwingungen bzw. Wellen resultierende periodische Druckkräfte (Obertöne und Kombinationstöne) gehen bei der Mittelwertbildung über eine volle Periode natürlich verloren. Wir beschäftigen uns hier fast ausschließlich mit dem *zeitlichen Mittelwert* der Druckschwankungen.

Neben den Differenztönen im Helmholtzschen Sinne (Störung der Linearität) gibt es noch eine zweite Art von Differenztönen, die in ihrer Intensität von ganz anderer Größenordnung sind als die Helmholtzschen und deren Auftreten an bestimmte Zusatzbedingungen (vor allem kräftige Gleichrichtung der Schallschwingungen) gebunden ist. Analog gibt es unter den ponderomotorischen Erscheinungen eine zweite Gruppe, deren Auftreten ebenfalls an bestimmte weitergehende Bedingungen (Strahlbildung, Düsenwirkung) geknüpft ist. Die Phänomene dieser zweiten Gruppe können, namentlich in tiefen Frequenzlagen, die der ersten Gruppe an Intensität um ein Vielfaches übertreffen. In diesem Paragraphen besprechen wir die erste Gruppe, insonderheit den von Lord Rayleigh theoretisch hergeleiteten Schalldruck, der auf einen nicht mitschwingenden Körper ausgeübt wird.

Bei den Kombinationsschwingungen tritt übrigens auch ein zeitlich konstanter Anteil auf, der sich durch eine Verschiebung der Nullage des von den Primärtönen erregten Körpers bemerkbar macht. Hier ist dieser Anteil aber weniger wichtig, während er bei den ponderomotorischen Kräften im Vordergrunde des Interesses steht.

Der Schalldruck ist schon von Dvořák im Jahre 1876 beobachtet worden. Dvořák zeigte, daß eine in einem Rohr ablaufende Schallwelle, die an einer Querwand reflektiert wird, auf die reflektierende Wand einen einseitigen Druck ausübt. Besonders einfach liegen die Verhältnisse, wenn die Wand so ausgedehnt ist oder wenigstens so angeordnet wird, daß an ihre Rückseite Schallenergie nicht gelangen kann. Altberg und Zernow, zwei Schüler Lebedews, haben die Intensität des Schalldrucks gemessen, indem sie in die reflektierende Wand einen beweglichen Stempel einsetzten, der an dem einen Arm einer Torsionswage befestigt war. Die Ausschläge der Wage geben ein Maß für die Größe des Schalldrucks. Bei einem hohen, für die Empfindung fast unerträglich starken Ton, wie er durch sehr kräftige Longitudinalschwingungen eines Glasstabes geliefert wird, wurden von Altberg einseitige Drucke von etwa 0,24 dyn/cm² in etwa 50 cm Entfernung von dem Stabende gemessen. In einem durch eine kräftig schwingende Stimmgabel auf Resonanzkasten erregten Resonanzrohre beobachtete Zernow Drucke von etwa 0,6 dyn/cm². Nach Rayleigh ist der Schalldruck bei vollkommen reflektierender Wand gleich $\frac{J}{2}(\varkappa + 1)$, wobei J die Energiedichte und $\varkappa$ das Verhältnis der spezifischen Wärmen ist. J gibt ein Maß für die Intensität des Schalles. In dem ersten Beispiel berechnet sich J zu 0,2 Erg/cm². Die Energieströmung J. c, d. h. die in 1 sec durch 1 cm² wandernde Energie, ist somit etwa $9{,}3 \cdot 10^{-7}$ PS/cm², oder etwa $6{,}8 \cdot 10^{-4}$ Watt/cm². Das Stabende war in eine Kugel von 5 cm Durch-

[1] Der Herr Herausgeber dieser Zeitschrift wünschte von dem Verf. ein Referat über die Schalldruckversuche von Wood und Loomis. Aus Zeitmangel konnte diesem Wunsche nicht entsprochen werden. Statt dessen wird in dem vorliegenden Artikel ein fast wörtlicher Abdruck eines Abschnittes aus dem in Arbeit befindlichen Akustikband des Lehrbuches von Müller-Pouillet gegeben.

messer ausgeblasen. Der Gesamtdruck auf eine um den Mittelpunkt dieser Kugel herumgelegte Kugelfläche, durch die die gesamte Schallenergie hindurchwandert, errechnet sich zu rund 7,5 g-Gewicht, wenn in erster Näherung angenommen wird, daß sich der Schall von dem Stabende aus gleichmäßig nach allen Seiten ausbreitet. Das entspricht einer Gesamtleistung von etwa $2,9 \cdot 10^{-2}$ PS oder von etwa 21,4 Watt. Ein elektromagnetischer Unterwasserschallsender mit der Frequenz 1000 gibt eine akustische Gesamtleistung bis etwa $^1/_3$ PS oder etwa 300 — 400 Watt. Die Formel für den Schalldruck kann geprüft werden, indem die Intensität der Schallwelle, deren Schalldruck gemessen wird, gleichzeitig nach einer anderen Methode bestimmt wird. Diese ebenfalls von ALTBERG und ZERNOW durchgeführte Prüfung ergab gute Übereinstimmung zwischen Experiment und Theorie.

Wird die „Wand", die senkrecht zur Schallrichtung steht, in eine solche Entfernung von der Schallquelle gebracht bzw. so klein gemacht, daß der Schall völlig herumgebeugt wird, so heben sich die Druckkräfte von beiden Seiten auf. Wird diese kleine Wand dagegen schräg, etwa unter 45°, gegen die Schallrichtung gestellt, so wird ein Drehmoment auf sie ausgeübt, so daß sie sich senkrecht zur Schallrichtung einzustellen sucht. Zur Demonstration hängt man eine an einem dünnen Faden aufgehängte kleine Scheibe (RAYLEIGHsche Scheibe) vor die Öffnung eines Resonators oder vor das eine Ende eines Stabes, der durch Reiben in Longitudinalschwingungen versetzt werden kann, und entwirft ein Schattenbild auf den Projektionsschirm. Die Größe des Dreheffektes hängt von dem Quadrat der Schwingungsgeschwindigkeit der Luftteilchen ab und gibt ebenfalls ein Maß für die Intensität des Schalles. Der Effekt ist ohne weiteres aus dem hydrodynamischen Strömungsbild beim Strömen einer Flüssigkeit gegen ein schräggestelltes Hindernis verständlich.

Die Größe des Schalldrucks wächst proportional den Quadraten der Amplitude und der Schwingungszahl sowie proportional der Dichte des Mediums, in dem die Schallwelle verläuft. Bei gleichen Amplituden und Schwingungszahlen würde also der Schalldruck in Wasser rund 1000mal so groß sein als in Luft. Jedoch ist zu beachten, daß die im Wasser vorkommenden Schwingungsamplituden im allgemeinen viel kleiner als die Luftamplituden sind. DVOŘÁK versetzte einen Glasstab unter Wasser in Longitudinalschwingungen (Fig. 1). Um der schwingenden Endfläche eine größere Ausdehnung zu geben, wurde an ihr eine kreisförmige Glasplatte SS' von etwa 2,5 cm Durchmesser befestigt. Ein beiderseits offenes, rechtwinkelig umgebogenes Glasröhrchen ab wurde in der Nähe der tönenden Platte ins Wasser getaucht, so daß die eine Öffnung der Mitte der Platte zugewendet war, die andere über den Wasserspiegel NN' hinausragte. Beim Anstreichen des Stabes steigt das Wasser in dem Röhrchen um etwa 2 cm. Das heißt es wird ein Druck von etwa 2 g/cm² beobachtet. Jedoch ist das kein reiner Schalldruck in dem oben definierten Sinne, sondern es wirken hier komplizierte Strömungserscheinungen mit, worauf wir in § 3 ausführlich zurückkommen. Schalldruckbeobachtungen bei sehr hohen Frequenzen besprechen wir in § 4.

§ 2. *Schalldruck auf Resonatoren.* Erscheinungen besonderer Art treten auf, wenn der in das Schallfeld eingebrachte Körper zum Mitschwingen angeregt wird. In der Nähe der Resonanzstelle zeigt sich dann infolge der Rückwirkung der erzwungenen Schwingungen auf das primäre Feld ein eigentümlicher Verlauf der Schalldruckkräfte (Wechselwirkungskräfte), der bereits von DVOŘÁK und LEBEDEW wenigstens qualitativ experimentell untersucht worden ist. Ansätze zu einer theoretischen Behandlung finden sich in hydrodynamischen Untersuchungen von BJERKNES und von PEARSON; jedoch können die Ergebnisse nicht ohne weiteres auf akustische Verhältnisse (kompressibles Medium) übertragen werden. In den letzten Jahren sind die ponderomotorischen Wirkungen auf resonierende Körper von Schülern WAETZMANNS[1] eingehend studiert und weitgehend geklärt worden. ERWIN MEYER[2] und G. HIPPE[3] haben quantitative Messungen der Druckkräfte an resonierenden Membranen und an Luftresonatoren ausgeführt; im Anschluß hieran hat W. THOMAS[4] eine theoretische Berechnung gegeben, die auf dem nichtlinearen Zusammenhang zwischen Geschwindigkeit und Druck in der Schallwelle beruht und die bisher vorliegenden experimentellen Ergebnisse in groben Zügen, teilweise sogar bis in Einzelheiten hinein, ausgezeichnet wiedergibt.

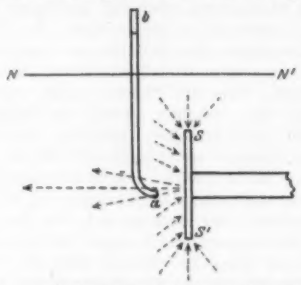


Fig. 1. Strömungen schwingender Platte.

Als resonierende Membran wurde eine Gummimembran mit einer Eigenfrequenz von etwa 500 Hertz verwendet, die zwecks Messung des auf sie wirkenden Schalldrucks an dem einen Arm einer empfindlichen Torsionswage befestigt war.

[1] E. WAETZMANN, Physikal. Zeitschr. **26**, 740. 1925; Unterrichtsblätter.
[2] ERWIN MEYER, Ann. d. Phys. **71**, 567. 1923.
[3] G. HIPPE, Ann. d. Phys. **82**, 161, 1926.
[4] W. THOMAS, Ann. d. Phys. **83**, 255. 1927.

Als Tonquelle diente ein durch einen Röhrengenerator erregtes Telephon mit freigelegter Platte, deren Abstand von der Gummimembran zwischen etwa 5 und 10 cm geändert werden konnte. Innerhalb dieser Abstände ergab sich immer wieder das gleiche Bild. In Kurve *a* der Fig. 2 sind die Resultate einer Beobachtungsreihe zusammengestellt. Als Abszissen sind die erregenden Frequenzen, als Ordinaten die Ausschläge der Torsionswage aufgetragen, Anziehung nach oben, Abstoßung nach unten hin. Die Eigenfrequenz n_r der Gummimembran lag bei 484 Hertz. Liegt die erregende Frequenz n unterhalb n_r, so wird die Gummimembran angezogen, liegt sie oberhalb n_r, so findet Abstoßung statt. Daß die Kurve nicht genau an der Resonanzstelle, sondern etwas unterhalb derselben durch Null hindurchgeht, wird auch von der Theorie gefordert.

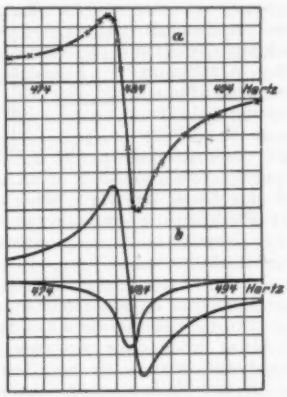


Fig. 2. Schalldruckwirkung auf Resonator.

Die stark unsymmetrische Gesamtkurve (Fig. 2a) läßt sich in zwei Anteile zerlegen (Fig. 2b), in eine antisymmetrische (Anziehung = Abstoßung) und in eine symmetrische (nur Abstoßung) Kurve. Die erste stellt die „Phasenkraft" dar, die zweite die „Resonanzkraft".

Da der Abstand Telephon-Gummimembran klein gegen die Wellenlänge ist, so sind die Luftschwingungen auch an der Membran in Phase mit den Telephonschwingungen. Sie erzeugen gewisse Kräfte an der Membran und versetzen diese somit in erzwungene Schwingungen. Die Phase der Membranschwingungen gegen die der Telephonschwingungen läßt sich berechnen, wenn die Phase der Kräfte gegen die der Telephonschwingungen bekannt ist. Als Resultat ergibt sich: Im Falle $n<n_r$ ist die Phasendifferenz zwischen den Elongationen der Luftschwingungen und der Membranschwingungen und damit auch zwischen den Elongationen der Telephon- und der Membranschwingungen angenähert π, im Falle $n>n_r$ angenähert 0. Die antisymmetrische Kraft ist deshalb als Phasenkraft bezeichnet worden. Derartige Kräfte sind bereits von BJERKNES an oszillierenden und pulsierenden (atmenden) Kugeln in Wasser beobachtet worden. Die Oszillationen zweier Kugeln, von denen die eine an einer geeignet gestalteten Wage befestigt ist, sollen in der Richtung der Verbindungslinie beider Kugeln erfolgen. Sind die Oszillationen in jedem Momente gleichgerichtet, ist also die Phasendifferenz 0, so findet Abstoßung statt; sind die Oszillationen entgegengerichtet (Phasendifferenz π), so findet Anziehung statt. Bei Pulsationen der Kugeln geht umgekehrt, wie bei genauerer Betrachtung des Unterschiedes zwischen Oszillieren und Pulsieren verständlich wird, Abstoßung mit der Phasendifferenz π, Anziehung mit der Phasendifferenz 0 Hand in Hand.

Bei den akustischen Schwingungen in Luft überlagert sich der Phasenkraft — wahrscheinlich infolge der Kompressibilität der Luft — noch eine zweite Kraft, die bei allen Frequenzen abstoßend wirkt, an der Resonanzstelle ihren Maximalwert hat und symmetrisch nach beiden Seiten hin abnimmt. Sie ist deshalb als Resonanzkraft bezeichnet worden.

Beide Anteile der Gesamtkraft werden von der THOMASSchen Theorie richtig wiedergegeben. Ebenso ergeben Experiment und Theorie übereinstimmend, daß die rein abstoßende Kraft mit wachsendem Abstande zwischen Gummimembran und Telephon langsamer abnimmt als die Phasenkraft. Infolgedessen wird die Gesamtkurve mit wachsendem Abstande immer unsymmetrischer, und schließlich kann das gesamte Bild des Druckverlaufs ein ganz anderes werden. Es handelt sich bei diesen Beobachtungen um sehr kleine Druckkräfte. Ihre maximale Größe schwankte, je nach der Entfernung der Gummimembran von dem Telephon, zwischen 0,03 dyn/cm² und 0,001 dyn/cm². Es sei daran erinnert, daß in dem Druckbauch einer resonierenden Luftsäule Werte von etwa 0,6 dyn/cm² gefunden wurden. Die Zahlenwerte erscheinen also einleuchtend. Bei den HIPPESchen Messungen an Luftresonatoren, die nach Ausschaltung der Reaktionskräfte (§ 3) qualitativ das gleiche Bild wie die MEYERschen Messungen an den Membranen ergaben, lag die Größe der Druckkräfte im Mittel noch um eine Zehnerpotenz tiefer.

§ 3. *Strahlenbildung und Reaktionswirkungen.* Die eben erwähnten Messungen der Wechselwirkungskräfte an Luftresonatoren wurden zunächst durch eine andere, gleichzeitig auftretende Kraft unmöglich gemacht: die „Reaktionskraft" des Schalles. Der Resonator bestand aus einem leichten Aluminiumzylinder nach Fig. 3. Tönt der Resonator, so tritt aus seiner Öffnung ein Luftstrom aus, dessen Stärke namentlich von der Schallintensität und von der Form der Öffnung abhängt. Als Reaktion wirkt dann auf das geschlossene Ende des Resonators eine einseitige

Kraft, die ihn mit dem geschlossenen Ende nach vorn vorwärtsbewegt. Diese Reaktionskraft bewirkt also eine Abstoßung des Luftresonators von der vor seiner Öffnung stehenden Telephonmembran. Es ergeben sich dann nicht Kurven nach Fig. 2, sondern Kurven nach Fig. 4. Als Abszissen sind wieder die erregenden Frequenzen aufgetragen, als Ordinaten die Ausschläge der Torsionswage, an deren einem Arm der Resonator befestigt war. Der Eigenton des Luftresonators lag bei etwa 500 Hertz. Die Reaktionskräfte übertreffen die übrigen auftretenden Kräfte an Intensität um ein Vielfaches. Durch geeignete experimentelle Maßnahmen, namentlich durch passende Wahl der Öffnungsform des Resonators, ließen sich die Reaktionskräfte so weit herabdrücken, daß die Wechselwirkungskräfte wieder rein hervortraten.

Fig. 3. Luftresonator.

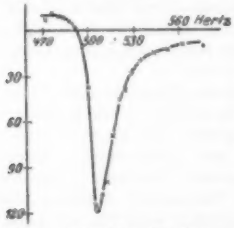


Fig. 4. Reaktionskraft am Luftresonator.

Die Tatsache, daß aus der Öffnung eines tönenden Luftresonators ein Luftstrom austritt, ist schon von RAYLEIGH gefunden und vielfach, so namentlich von DVOŘÁK und NEESEN und in neuerer Zeit von C. BARUS[1] und H. SELL[2] untersucht worden, ohne daß es bisher gelungen wäre, den Effekt restlos zu klären.

Zur Demonstration benutze man einen (beispielsweise auf 256 abgestimmten) KÖNIGschen Resonator. Vor der Hauptöffnung steht eine (auf 256 abgestimmte) Stimmgabel auf Resonanzkasten, vor der anderen, engeren Öffnung steht eine Kerze. Wird die Stimmgabel kräftig mit dem Violinbogen angestrichen, so tritt aus der engeren Öffnung ein Luftstrom aus, der leicht so stark wird, daß er die Flamme der Kerze auslöscht. Durch Abtasten des Raumes vor der Öffnung mit einer kleinen Flamme läßt sich feststellen, daß in der Mitte eine nach außen gerichtete Luftströmung stattfindet, an den Seiten aber die Luft in die Öffnung hineingesaugt wird. Das gleiche zeigte NEESEN mit Hilfe von Korkstaub, der in geeigneter Weise vor der Öffnung eines Glasrohres, dessen Luftmasse in Resonanzschwingungen versetzt war, verteilt wurde. Sehr hübsch ist der Strömungseffekt auch zu beobachten, wenn der Resonator vor der Erregung mit Rauch gefüllt wird. H. SELL demonstrierte den Effekt mit folgender Anordnung: Auf ein Telephon ist ein kurzer Rohrstutzen aufgesetzt, der in eine Düse endigt. Der bei Erregung des Telephons aus der Düse austretende Luftstrom trifft auf eine kleine, an dem einen Arm eines Drehzeigers befestigte Platte und setzt damit den Zeiger in Bewegung. Bei der Untersuchung von Kirchenglocken, die Verf. vor etwa 20 Jahren mit KÖNIGschen Resonatoren ausführte, war der Luftstrom bei hohen Frequenzen oft so stark, daß der Resonator nur mit größter Vorsicht dem Ohre genähert werden durfte.

Die Reaktionswirkung des Resonators kann leicht zu einer Rotationsbewegung gemacht werden, wie das schon vielfach geschehen ist. Vier gleiche Resonatoren nach Art des in Fig. 3 dargestellten werden mit senkrechtstehender Öffnungsebene je an den vier Enden eines auf einer Spitze in horizontaler Ebene drehbaren, leichten Holz- oder Aluminiumkreuzes befestigt (Fig. 5). Wird eine Stimmgabel von der Periode des Eigentones der Resonatoren kräftig angestrichen, so dreht sich das Kreuz im Sinne der Pfeilrichtung. Wir haben damit ein akustisches Reaktionsrad in Analogie zum SEGNERschen Wasserrad. Besonders eindrucksvoll ist der Effekt an einem von HIPPE konstruierten Reaktionsrad zu beobachten. Auf dem einen Ende einer um eine senkrechte Achse drehbaren Stange ist ein Telephon mit daraufgesetztem Luftresonator montiert; das andere Ende trägt ein Gegengewicht. Wird das Telephon (durch einen Röhrengenerator) in der Eigenperiode des Luftresonators erregt (Kontakt durch mit Quecksilber gefüllte Rillen in dem Fußgestell), so gerät die mit Telephon und Gegengewicht etwa 800 g schwere Stange in Rotation (Fig. 6). Es treten hierbei Reaktionskräfte in der Größenordnung von 10-g-Gewicht auf, während die an dem Resonator beobachteten Wechselwirkungskräfte kleine Bruchteile eines mg-Gewichts betrugen (§ 2).

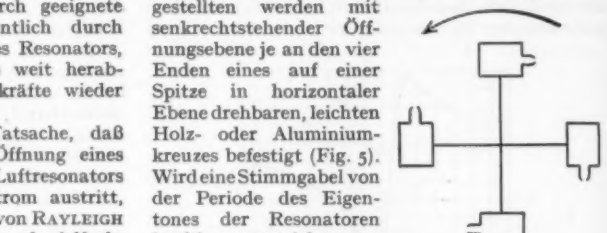


Fig. 5. Schema für Schallreaktionsrad mit Fremderregung.

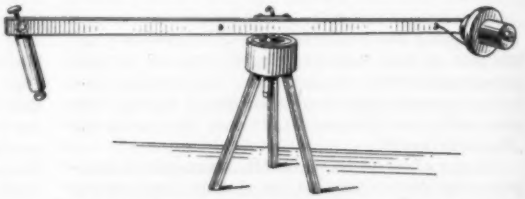


Fig. 6. Schallreaktionskraft mit Eigenerregung.

Wird durch eine „Düse" (Öffnung des Reso-

[1] CARL BARUS, Proc. Nat. Acad. Amer. 8, 163. 1922.
[2] H. SELL, Zeitschr. f. techn. Physik 5, 573. 1924; 8, 222. 1927.

nators) Luft in den Innenraum eingesaugt, so erfolgt das Zuströmen der Luft von allen Seiten; wird dagegen Luft aus dem Innenraum ausgestoßen, so bildet sie einen mehr oder weniger scharfen Strahl. Man kann diesen Unterschied zwischen Ein- und Ausströmen sehr hübsch beim Atmen beobachten. Der Luftstrom, der beim Ausatmen aus der Mundöffnung austritt, kann ohne Mühe so kräftig gemacht werden, daß er auf etwa 1 m Entfernung eine Kerze auslöscht. Und nun versuche man die gleiche Kerze auf nur 10 cm Entfernung durch — beliebig kräftiges und schnelles — Einatmen auszulöschen! Auch die Rolle, welche die Form der Öffnung spielt, kann man an der Mundöffnung studieren. Beim Singen der Vokale A und U ist an der vor die Mundöffnung gehaltenen Hand ein sehr erheblicher Unterschied in der Luftströmung zu spüren. Denkt man sich das Ein- und Ausatmen immer schneller werdend, so kommt man schließlich in den Frequenzbereich der Schallschwingungen, und es würde ein scheinbar kontinuierlicher, nach außen gerichteter Luftstrom resultieren.

Denkt man sich die Bodenfläche eines zylinderförmigen Resonators als Telephonmembran ausgebildet (beispielsweise die vorhin besprochenen Apparate von HIPPE und von SELL), so ersetzt die schwingende Telephonmembran das Arbeiten der Lunge beim Ein- und Ausatmen, und es ist nicht mehr überraschend, daß aus der der Telephonmembran gegenüberstehenden Öffnung ein Luftstrom austritt. Da das Einströmen der Luft von allen Seiten erfolgt, und da sich die Luft beim Eintritt in den Innenraum nach allen Seiten verteilt, während das Ausströmen in vorwiegend einer Richtung erfolgt, bleibt ein nach außen gerichteter Impuls übrig. Es wird also ein Reaktionsstoß auf die Rückwand (Telephonmembran) ausgeübt. Wird die Luftmasse des Resonators oder eines niedrigen Zylinders, dessen eine Querwand eine passend gestaltete Öffnung besitzt, von außen in Schwingungen versetzt, so müssen sich in der Nähe der Öffnung analoge Vorgänge abspielen. Während der Verdichtungsphase wird Luft strahlförmig nach außen ausgestoßen, während der Verdünnungsphase wird Luft von allen Seiten eingesaugt. Hierbei müssen sich übrigens stark unsymmetrische Schwingungen ausbilden, wobei aber immer neue Teilchen die Träger der Schwingungen sind.

Denken wir uns jetzt die Stärke der Erregung des Luftresonators periodisch schwankend (Schwebungen), so schwankt die Stärke des austretenden Luftstromes in der gleichen Periode, die Schwebungen werden in dem Luftstrom „gleichgerichtet". Entsprechendes gilt für etwaige, durch die Reaktionskraft hervorgerufene Bewegungen. Somit kann die Luftströmung aus der Öffnung eines Resonators zur Entstehung objektiver Differenztöne führen. Entsprechend der Stärke der Luftströmung können diese Kombinationstöne enorme Stärke erlangen. Analoges kann auch beim Schalldruck auftreten, nur daß es sich dabei unter sonst gleichen Bedingungen im allgemeinen um unvergleichlich viel schwächere Effekte handelt. Bei genügend starken und vor allem genügend hohen Primärtönen und bei einem Medium von großer Dichte können allerdings auch die durch den Schalldruck (im weiteren Sinne des Wortes) hervorgerufenen Kombinationstöne große Stärke erlangen.

Die Reaktionswirkung des Schalles und zugleich die mit ihr verbundene Gleichrichtung einer Schwebung und dadurch die Entstehung eines objektiven Kombinationstones zeigt folgender Versuch[1]: Zwei Stimmgabeln auf Resonanzkästen von etwa 256 Hertz, deren eine durch ein Laufgewicht verstimmt werden kann, stehen vor den beiden Enden A und B eines gabelförmigen Rohres von einigen Zentimetern Durchmesser, dessen Gesamtlänge $AC + CD$ etwa eine Viertelwellenlänge des Tones 256 beträgt (Fig. 7). In der Abschlußwand D des Rohres mündet ein dünnes Glasrohr, das zwischen b und c ein wenig gebogen ist und hier durch einen Alkoholfaden abgeschlossen wird. Die Länge ab des Manometerrohres bis zum Alkoholfaden beträgt ebenfalls ungefähr eine Viertelwellenlänge des Tones 256. Wird eine Stimmgabel angestrichen, so bildet sich in D ein Druckbauch aus, so daß die Luftsäule in ab zu kräftigen Schwingungen erregt wird. Es wird dementsprechend bei b ein gewisser Schalldruck, vor allem aber (weit überwiegend) eine gewisse Reaktionskraft infolge einer Strömung aus a heraus wirken. Der Alkoholfaden gibt einen einseitigen Ausschlag, der durch Projektion sichtbar gemacht wird. Werden beide Stimmgabeln von den Schwingungszahlen $p = 256 \pm \delta$ und $q = 256$, wobei δ eine kleine Zahl ist, gleichzeitig erregt, so pendelt der Alkoholfaden im Tempo der Schwebungen $p-q$ mit. Sein Mitschwingen in dieser Periode beweist die objektive Existenz einer periodischen Druckkomponente von der Periodenzahl $p-q$. Man hört also einerseits die $p-q$-Schwebungen und sieht andererseits die aus diesen Schwebungen hervorgegangene objektive Schwingung von der Periode $p-q$.

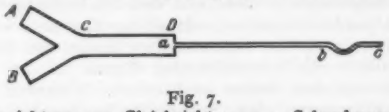


Fig. 7.
Vorrichtung zur Gleichrichtung von Schwebungen.

Eine Strömung, wie sie an der passend gestalteten Öffnung eines Luftresonators entsteht, kann sich auch vor der Oberfläche eines in Luft oder Wasser schwingenden festen Körpers ausbilden. Am Schluß des § 1 besprachen wir eine Versuchsanordnung von DVOŘÁK, bei der ein Glasstab, an dessen Endfläche noch eine Glasplatte befestigt ist, unter Wasser in longitudinale Schwingungen versetzt wird. Vor der Mitte der

[1] E. WAETZMANN, Physikal. Zeitschr. 21, 449. 1920.

Platte wurden mit Hilfe eines Manometers Überdrucke von etwa 2 cm Wasserhöhe konstatiert. DVOŘÁK stellte ferner fest, daß sich in der Umgebung der Platte eine Strömung ausbildet, die in der Mitte von der Platte fort, nach den Seiten hin auf sie zugerichtet ist. Fig. 1 zeigt schematisch den Stromlinienverlauf nach DVOŘÁK. Der gegenüber der Mitte der Platte von dem Manometer angezeigte Überdruck dürfte von dem fortströmenden Wasser ausgeübt werden, somit kein Schalldruck im Sinne der in § 1 gegebenen Definition sein. Daß die Druckwirkung von dem Flüssigkeitsstrom ausgeübt wird, geht auch daraus hervor, daß sie sich nicht mit Schallgeschwindigkeit, sondern viel langsamer ausbreitet. In Luft erhält man analoge Erscheinungen. Man wird sich grob vorstellen dürfen, daß bei genügend großer Amplitude und Frequenz bei der Auswärtsbewegung der Endfläche des Stabes die dort befindlichen Luftteilchen einen Impuls erhalten, der ihnen eine größere, von dem Stabe fortgerichtete Geschwindigkeit erteilt, als das Stabende selbst besitzt; es bildet sich zwischen ihnen und Stabendfläche ein luftverdünnter Raum, in den die Luft von den Seiten nachströmt. Während der Rückbewegung der Stabendfläche werden die Luftteilchen zurückgesaugt, können aber keine größere Bewegungsamplitude erhalten als die Stabendfläche selbst, da sie an dieser gebremst werden. Auch sind es andere Luftteilchen als diejenigen, die vorher fortgeschleudert wurden. Das ergibt eine von dem Stabende fortgerichtete Strömung. An der äußeren Randfläche des Stabendes (in unserem speziellen Falle der das Stabende bildenden Platte) erhalten die Teilchen des umgebenden Mediums, wenn wir von Reibung absehen, keinen Impuls in der Richtung der Stabschwingungen. Es werden sich hier komplizierte Strömungsvorgänge ausbilden, auf die im einzelnen einzugehen an dieser Stelle nicht möglich ist. Es dürfte aber einleuchtend sein, daß nach dem Rande der Endplatte zu die von ihr fortgerichtete Strömung aufhört und sogar das Vorzeichen wechselt.

Es sei in diesem Zusammenhange an eine Beobachtung erinnert, die man bei der Erzeugung der CHLADNIschen Klangfiguren machen kann. Eine horizontal stehende Platte wird mit Sand bestreut, und die Platte wird in Transversalschwingungen versetzt. Man sieht, daß die Hauptmasse des Sandes (bis sie sich an den Knotenlinien gesammelt hat) infolge des den Sandkörnern von der Platte erteilten Impulses über der Platte „schwebt". Der Kohlegrieß vor einer schwingenden Mikrophonmembran wird in gleicher Weise „abgestoßen". Hierauf dürfte zurückzuführen sein[1], daß der Ruhewiderstand eines Mikrophons (Membran nicht erregt) kleiner ist als sein mittlerer Schwingungswiderstand (Membran erregt)[2].

[1] E. WAETZMANN, Physikal. Zeitschr. 15, 638. 1914.

[2] Anm. bei der Korrektur: Im Anschluß an die in § 4 besprochenen Versuche von WOOD und LOOMIS haben R. WACHSMUTH und H. AUER (Zeitschr. f. Physik 47, 323. 1928) gezeigt, daß sich über einer in hoher Frequenz schwingenden Quarzplatte eine förmliche Fontäne von Lykopodiumpulver von etwa 40 cm Höhe ausbildet.

In der Nähe eines unsymmetrisch gestalteten Schalloches (Düse) oder eines schwingenden festen Körpers kann der Strömungseffekt so vorherrschen, daß es nicht möglich ist, den Schalldruck in dem in § 1 definierten Sinne von ihm abzutrennen. In größerer Entfernung, wenn die Strömungen sich totgelaufen haben, bleibt der Schalldruck in seiner reinen Gestalt übrig. Auch dürfte hierbei eine wesentliche Rolle spielen, ob fortlaufende oder stehende Wellen erzeugt werden.

MEISSNER[1] hat kräftige Luftströmungen an Piezoquarzen beobachtet. Auf die Piezo-Elektrizität als solche können wir hier natürlich nicht eingehen. Wir nehmen lediglich von der Tatsache Kenntnis, daß elastische Schwingungen eines piezoelektrischen Körpers, z. B. des Quarzes, elektrische Wechselspannungen an seinen Oberflächen hervorrufen und daß umgekehrt (inverser Effekt) ein Quarzstab oder eine Quarzplatte in kräftige elastische Schwingungen geraten, wenn an zwei gegenüberliegenden Flächen Wechselspannungen entgegengesetzten Vorzeichens angelegt werden, deren Perioden mit einer der elastischen Eigenperioden des Quarzes übereinstimmen. Fig. 8

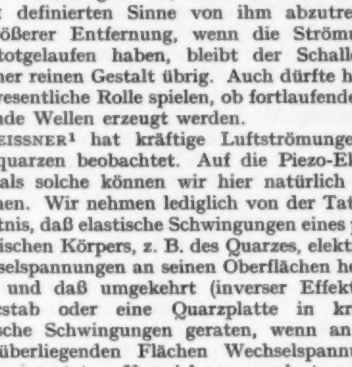


Fig. 8. Schema für Quarzstab.

stellt einen Quarzstab dar. Die optische Achse des Quarzes liegt in der z-Richtung, eine elektrische Achse in der x-Richtung. Die Wechselspannung wird an die beiden Flächen $abcd$ und $a'b'c'd'$ angelegt, die senkrecht zur x-Achse liegen; dann kann der Quarz sowohl in Richtung der x-Achse (longitudinaler Effekt) als auch in Richtung der y-Achse (transversaler Effekt) in Schwingungen geraten, wenn die Periode der Wechselspannungen mit der einen oder der anderen elastischen Eigenperiode des Quarzes übereinstimmt. Die Schwingungen in der y-Richtung sind die eigentlichen Stabschwingungen. Ihre Eigenfrequenz liegt viel tiefer als die Eigenfrequenz der Schwingungen in der x-Richtung, weil die Länge des Quarzes in der y-Richtung viel größer ist.

Macht man die Kantenlänge des Quarzes in der z-Richtung größer, etwa gleich der Kantenlänge

[1] A. MEISSNER, Zeitschr. f. techn. Physik 7, 585, 1926; 8, 74. 1927.

in der y-Richtung, so wird aus dem Stab eine quadratische Platte von der Dicke aa'. Um die Eigenfrequenz der Platte in der Richtung der x-Achse (longitudinaler Effekt) zu erregen, muß die Frequenz der angelegten Spannungsschwankungen entsprechend gesteigert werden. G. W. PIERCE[1] hat die elastischen Schwingungen von Piezoquarzen in dem Frequenzbereich von 40 000 bis 1 500 000 Hertz untersucht. Für die Herstellung der höheren Frequenzen benutzte er den longitudinalen Piezoeffekt an entsprechend dünnen Platten. Er untersuchte auch die Fortpflanzungsgeschwindigkeit für so hohe Schwingungen in Luft und in Kohlensäure. LANGEVIN hat mit Hilfe von Piezokrystallen Unterwasserschallsender für hohe Frequenzen (rund 40 000 Hertz) gebaut. Er erzielte hierbei Schalleistungen bis über 1 PS. (Vgl. hierzu die Angaben in § 1.) Da es schwierig ist, genügend große Quarzplatten zu beschaffen, wurden Platten aus kleinen Stücken mosaikartig zusammengesetzt und zwischen Stahlplatten von mehreren Zentimetern Dicke angeordnet.

Wird ein Quarzstab nach Fig. 8 in seiner Längsrichtung zu Resonanzschwingungen erregt, so geht, wie MEISSNER gezeigt hat, von den Endflächen $aa'dd'$ und $bb'cc'$ ein Luftstrom aus, durch den eine Kerzenflamme ausgelöscht oder ein Windrad in schnelle Rotation versetzt werden kann. Dabei ist die Luftströmung nicht ganz symmetrisch zur Mittelachse des Stabes. Wird der Stab in eine Platte umgewandelt, indem die Kantenlänge in der Richtung der optischen Achse (z-Achse) mehr und mehr vergrößert wird, so setzt die Luftströmung nicht mehr an den ganzen Flächen $aa'dd'$ und $bb'cc'$ an, sondern nur an je einem bestimmten Stück dieser Flächen. Die Ansatzstellen liegen auch nicht mehr einander gegenüber, sondern sind seitlich in Richtung der optischen Achse gegeneinander verschoben. Damit resultiert aus den beiden Luftströmen ein Drehmoment um die elektrische Achse als Drehachse. Wird die Quarzplatte in geeigneter Weise drehbar montiert, so stellt sie wieder ein akustisches Reaktionsrad in Analogie zum SEGNERschen Wasserrad dar. Der akustische Drehsinn steht, wie MEISSNER ebenfalls gezeigt hat, in einer bestimmten Beziehung zu dem optischen Drehsinn, worauf wir an dieser Stelle aber nicht einzugehen haben.

§ 4. *Schalldruckversuche in Flüssigkeiten.* WOOD und LOOMIS[2] haben sehr eindrucksvolle Versuche über die „Schalldruck"wirkungen hochfrequenter, von einem Piezoquarze gelieferten Schwingungen bzw. Wellen beschrieben. Im wesentlichen arbeiteten sie hierbei mit stehenden Wellen. Sie benutzten wie LANGEVIN den longitudinalen Effekt von etwa 10 × 10 cm großen Platten. Diese waren am Boden eines mit Öl gefüllten Gefäßes in horizontaler Lage zwischen zwei Metallschichten angeordnet, denen die Wechselspannungen zugeführt wurden. Es wurde mit Frequenzen von durchschnittlich 300 000 Hertz und Schwingungsamplituden des Quarzes in der Größenordnung von Lichtwellenlängen gearbeitet. Es ergaben sich Schalldrucke bis zu Beträgen von 150 g-Gewicht. Ihre Größe wurde in der Weise bestimmt, daß eine Glasplatte von etwa 50 cm² Fläche, die der Quarzplatte gegenüber auf der Oberfläche des Öles angeordnet war, mit Gewichten belastet wurde. Drückt man die Glasplatte tiefer und tiefer in das Öl hinein, so macht sich ein periodisch schwankender Widerstand bemerkbar. Diese Periodizität der Schalldruckwerte hat folgenden Grund: Beträgt der Abstand Quarzplatte—Glasplatte ein ganzzahliges Vielfaches einer halben Ölwellenlänge der benutzten Frequenz, so bilden sich in dem Öl Resonanzschwingungen aus (wie in einem richtig eingestellten KUNDTschen Rohre). In den Zwischenstellungen herrscht keine Resonanz, und entsprechend hat der Schalldruck hier kleinere Werte. WOOD und LOOMIS haben auch eine empfindliche Methode angegeben, die Maxima des Schalldrucks während der Annäherung der Glasplatte an die Quarzplatte zu bestimmen. Sie bezeichnen diese Anordnung als akustisches Interferometer in Analogie zu dem optischen Interferometer von PEROT und FABRY.

Wird die Glasplatte entfernt, so bauscht sich das Öl über der Quarzplatte zu einem Hügel auf, der bis zu mehreren Zentimetern Höhe über das normale Ölniveau ansteigt und aus dessen Mitte Öltropfen bis zu 30 und 40 cm Höhe fortgeschleudert werden. Ein Glasbecher, der sich nach obenhin verengt und oben evtl. in eine feine Spitze ausgezogen wird, stellt einen guten „Kollektor" zur Entnahme der Energie aus dem Öle dar. Wird sein Boden in das Öl eingetaucht, so kommen Boden und Wände zum Mitschwingen. Faßt man die ausgezogene Spitze unter leichtem Druck mit zwei Fingern, so wird infolge der durch die Schwingungen verursachten Reibung zwischen Glas und Fingern eine Rille in die Finger gebrannt. Hierbei handelt es sich um Transversalschwingungen der Glasspitze, die von den Glaswänden her übertragen werden. Wie übrigens die Umsetzung von Longitudinal- in Transversalschwingungen in manchen Fällen zustande kommt, ist noch nicht recht geklärt. Die schwingende Glasspitze kann Löcher in eine Holzplatte und selbst in eine Glasplatte einbohren, wobei wohl mechanische und Wärmewirkungen Hand in Hand gehen. Wird der Becher mit Wasser gefüllt und werden kleine Fische oder Frösche in das Wasser getan, so werden sie in kurzer Zeit getötet. Es bleibe dahingestellt, ob das rein mechanische (Zerreiß-)Wirkungen oder Wärmewirkungen der eben geschilderten Art sind. Auch sonstige biologische Wirkungen, wie Zerstörung der roten Blutkörperchen, wurden beobachtet.

[1] G. W. PIERCE, Proc. Amer. Acad. 60, 271. 1925
[2] A. MEISSNER, Zeitschr. f. techn. Physik 7, 585. 1926; 8, 74. 1927.
[3] R. W. WOOD und A. L. LOOMIS, Phil. Mag. (7) 4, 417. 1927.

Auf den ersten Blick könnte die Größe der von WOOD und LOOMIS beobachteten Schalldrucke überraschen. Jedoch liegt sie durchaus im Rahmen dessen, was zu erwarten war. Wenn ALTBERG in 50 cm Entfernung von der Schallquelle in Luft Drucke von 0,24 dyn/cm² beobachtete, so gibt das unter der Annahme kugelförmiger Schallausbreitung einen Gesamtdruck von etwa 7,5 g-Gewicht. WOOD und LOOMIS benutzten eine in Öl schwingende Platte von etwa 10 × 10 cm Fläche und erhielten auf der einen Seite der Platte Gesamtdrucke von etwa 150 g-Gewicht. Dabei war die Frequenz ihrer Schallquelle etwa 100mal so groß wie bei ALTBERG. Daß sie trotzdem keine größeren Werte erhielten, liegt an der enormen Kleinheit der Schwingungsamplituden der Quarzplatte. Die Vorzüge der WOODschen Anordnung liegen aber nicht nur darin, daß sie den Schalldruckeffekt besonders eindringlich vor Augen führt, sondern auch in der Verwendung der hohen Frequenzen. Das gibt erstens — infolge der kurzen Wellenlängen — sehr bequeme Versuchsbedingungen, und zweitens ist es wohl denkbar, daß gerade die biologischen Effekte in erster Linie nicht von der Gesamtenergie, sondern von der Höhe der Frequenz abhängen.

§ 5. *Bewegungserscheinungen verschiedener Art.* Ähnliche Vorgänge, wie sie sich an der Endfläche eines schwingenden Stabes abspielen, treten auch an einer schwingenden Membran auf. Hier nimmt der den anliegenden Mediumteilchen erteilte Impuls von der Mitte nach dem Rande zu kontinuierlich ab. Auch hier müssen sich Strömungen ausbilden. Schon SAVART hat beobachtet, daß bei den CHLADNIschen Klangfiguren sehr leichte Pulver nicht zu den Knotenlinien hingetrieben werden, sondern an den Bäuchen kleine Häufchen bilden. FARADAY führte diese Erscheinung auf Luftwirbel zurück, die sich über den Stellen der Schwingungsbäuche ausbilden und in denen die leichten Staubteilchen festgehalten werden, während schwerere sie passieren können. Ein ebenfalls hierher gehörendes Phänomen sind die Luftwirbel, die sich in einem KUNDTschen Rohre ausbilden und die in der Mitte des Rohres vom Schwingungsknoten zum Bauch gerichtet sind, während sie am Rande des Rohres die entgegengesetzte Richtung haben. Die Entstehung der Querriefen in den KUNDTschen Staubfiguren dürfte damit zusammenhängen, daß benachbarte, von den Luftschwingungen mitgenommene Korkteilchen nicht die volle Bewegung der Luftteilchen mitmachen, da sie spezifisch schwerer als Luft sind. Deshalb stellen sie Oszillatoren dar, und zwar Oszillatoren gleicher Phase, die sich abzustoßen suchen. Werden dagegen zwei Pendel in kleinem Abstande voneinander in einer schwingenden Luftsäule derart aufgehängt, daß ihre Verbindungslinie senkrecht zur Schwingungsrichtung der Luftteilchen liegt, so werden sie aufeinander zugetrieben, was mit Hilfe einer Schattenprojektion gut demonstriert werden kann. Den gleichen Effekt erhält man, wenn zwischen zwei leichten, beweglich nebeneinander angeordneten Körpern ein Luftstrom hindurchgeblasen wird. Die Körper werden angezogen, weil der hydrodynamische Druck p_{dyn} zwischen ihnen kleiner ist als der hydrostatische Druck p_{stat} auf den Außenseiten. Es ist $p_{dyn} = p_{stat} - \frac{\varrho}{2} v^2$, wobei v die Geschwindigkeit der Luftteilchen und ϱ die Dichte an der betreffenden Stelle ist. Hält man die Handfläche über ein Papierblatt und pustet parallel zu den Flächen durch den Zwischenraum hindurch, so wird das Papierblatt gegen die Handfläche gedrückt, wobei es flatternde Schwingungen ausführt. Analoge Vorgänge wirken bei einer gewissen Art des Schnarchens mit. Der bekannte kleine Apparat nach Fig. 9 zeigt im Prinzip das gleiche. Ein Rohr R mündet in eine Platte P; ihr gegenüber befindet sich ein an den Stellen d durchbohrtes Kartonblatt P', das längs der durch d gehenden Drähte beweglich ist. Unterhalb des Kartonblattes sind die Drähte umgebogen, um sein Hinabfallen zu verhindern. Bläst man kräftig in das senkrecht gehaltene Rohr hinein, so wird P' gehoben und an P herangedrückt. Der Luftstrom verteilt sich seitlich hinter dem Spalt, und mit der Strömung ist eine Druckabnahme verbunden. Ein anderes, allerdings nicht mehr in die Akustik gehörendes Phänomen, das aber die gleiche Ursache hat, ist die scheinbare Anziehung zweier Schiffe, die dicht aneinander vorbeifahren.

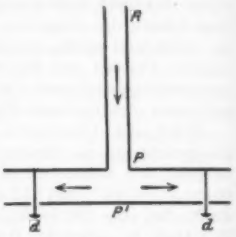


Fig. 9. Demonstration des hydrodynamischen Druckes.

Da sich der hydrostatische und der hydrodynamische Druck um eine Größe unterscheiden, die von dem Quadrat der Geschwindigkeit abhängt, macht es für die auftretenden Phänomene qualitativ keinen Unterschied, ob Luftgleichstrom oder Luftwechselstrom vorliegt.

Ein seit langer Zeit bekanntes Phänomen akustischer Anziehung und Abstoßung, das die Physiker schon vielfach beschäftigt hat (GUYOT, GUTHRIE, SCHELLBACH, NEESEN, DVOŘÁK) und das in Deutschland in der Regel als SCHELLBACHsches Phänomen bezeichnet wird, ist folgendes: Ein Blatt Papier, das sich in etwa 1 cm Abstand von einer schwingenden Stimmgabel befindet, und dessen Ebene senkrecht zur Schwingungsrichtung der Gabel liegt, wird von der Stimmgabel scheinbar angezogen; es bewegt sich auf die Gabel zu. Ist der beweglich angeordnete Körper spezifisch leichter als die umgebende Luft, so wird er abgestoßen. Ebenso werden leichte Ballone, die mit spezifisch schwereren oder spezifisch leichteren

Gasen als Luft gefüllt sind, vor der Öffnung des Resonanzkastens einer kräftig schwingenden Stimmgabel angezogen bzw. abgestoßen.

Das analoge Verhalten hat BJERKNES an Kugeln in Wasser beobachtet. In die Nähe einer pulsierenden Kugel wird eine neutrale (nicht mitschwingende) Kugel aus Siegellack (schwerer als Wasser) oder aus Kork (leichter als Wasser) gebracht. Die erste wird von der pulsierenden Kugel scheinbar angezogen, die zweite scheinbar abgestoßen. Die pulsierende Kugel kann der Einfachheit halber durch eine mit einer Gummimembran verschlossene Trommel ersetzt werden, in der der Luftdruck mittels eines Gummiballes und einer Rohrzuführung abwechselnd vergrößert und verkleinert wird. BJERKNES führt das verschiedene Verhalten des spezifisch schwereren und des spezifisch leichteren Körpers darauf zurück, daß der erste bei Bewegungen des Mediums kleinere und der zweite größere Bewegungen ausführt als die an seine Stelle gesetzt gedachten Mediumteilchen. Der neutrale Körper *B* sei spezifisch schwerer und befinde sich in einem bestimmten Zeitmoment in einem gewissen Abstande von dem oszillierenden Körper *A*. Beim Fortströmen der Flüssigkeit von *A* wird *B* nicht voll mitgenommen, befindet sich also, wenn das nächste Rückströmen der Flüssigkeit einsetzt, noch in einem verhältnismäßig stärker bewegten Gebiet des Mediums. Man muß sich vorstellen, daß er infolgedessen einen Antrieb erfährt, der ihn über die Ausgangslage hinaus etwas näher an *A* herantreibt. *B* würde sich also mit jeder Ganzschwingung, die *A* ausführt, ein wenig dem Körper *A* nähern. Falls *B* spezifisch leichter ist als das Medium, resultiert aus einer analogen Überlegung ein allmähliches Fortwandern. Wir brauchen die Einzelheiten des BJERKNESschen Deutungsversuchs nicht zu besprechen, da er für ein kompressibles Medium sicherlich nicht voll ausreicht. Auch nimmt BJERKNES die Dimensionen der Körper als klein gegen ihre Abstände an, so daß keine Stauwirkungen zu berücksichtigen sind. Bei größeren Dimensionen können sich die Verhältnisse ganz wesentlich ändern.

W. VAN SCHAIK[1] beschreibt einen Versuch, der zur Deutung der besprochenen akustischen und hydrodynamischen Phänomene mit herangezogen werden könnte. Ein Blatt Papier von 1—2 dm² Oberfläche wird beweglich aufgehängt. Ein Buch oder dgl., dessen Ebene parallel der Papierebene liegt, wird dem Papierblatt schnell genähert. Dabei wird das Papierblatt fortgestoßen. Wird jetzt das Buch mit der gleichen Geschwindigkeit, die es bei der Annäherung hatte, wieder entfernt, so wird das Papierblatt angesogen, und zwar wesentlich stärker als es vorher fortgestoßen wurde. Wiederholt sich der Vorgang mit genügender Schnelligkeit, wird also das hin und her bewegte Buch beispielsweise durch eine schwingende Stimmgabel ersetzt, deren wirksame Fläche durch ein aufgeklebtes Kartonblatt noch vergrößert ist, so resultiert im Mittel eine Anziehung des Papierblattes.

Nebenher sei auf folgendes hingewiesen: Wird das Papierblatt als Pendel aufgehängt und wird die Amplitude der Stimmgabel in der Eigenperiode des Pendels irgendwie variiert, so kommt das Pendel zum Mitschwingen. VAN SCHAIK spricht die Vermutung aus, daß dieser Versuch für die Erklärung der KÖNIGschen „Stoßtöne" nicht ohne Bedeutung sein dürfte; dieser Ansicht ist durchaus zuzustimmen, wenn es sich bei dem Versuch auch nicht um einen Differenzton, geschweige denn um einen Stoßton, sondern um einen Variationston handelt.

§ 6. Die fast verwirrende Fülle in den Erscheinungen der akustischen Anziehung und Abstoßung sowie in den sonstigen mechanischen Wirkungen des Schalles macht es schwer, einen klaren Überblick zu gewinnen. Auch sind die Ursachen für die einzelnen Erscheinungen vielfach noch nicht sicher zu trennen. Zunächst wird man gut tun, an der hier eingeführten Unterscheidung in drei Hauptgruppen festzuhalten: 1. Schalldruck, und zwar Schalldruck auf nicht mitschwingende Körper und auf Resonatoren. 2. Strahlbildung und Reaktionskräfte und 3. sonstige, durch Strömungen verursachte Bewegungserscheinungen.

[1] W. C. L. VAN SCHAIK, Wellenlehre und Schall, Braunschweig 1902. S. 341.

Die „Mutation" in den organischen Naturreichen und beim Menschen.

Von K. TOUTON, Wiesbaden.

Plötzlich und unvermittelt trat im Jahre 1190 im Kanton Zürich am Stammberg bei Buch am Irchel *eine Buche mit rotgefärbten Blättern* auf, die auf die Zeitgenossen einen tiefen Eindruck machte. Ihre Entstehung wurde von dem Volksglauben zurückgeführt auf das an ihrem Standort vergossene Blut eines getöteten Ritters. Alle *„Blutbuchen"* der Schweiz und Süddeutschlands stammen von ihr ab. Seit über 700 Jahren sind nun die Blutbuchen überall gepflanzt worden, und kein Faktor der Außenwelt ist imstande gewesen, sie zu verändern. Aber auch bei Sondershausen in Thüringen wurde vor vielen Jahrhunderten eine Blutbuche entdeckt, von der alle Blutbuchen Norddeutschlands abstammen. Ein dritter Entstehungsort ist in Südtirol erwiesen, von dem die Familie „Rodtenpuecher" bei Bozen ihren Namen und das Blatt einer roten Buche im Wappen hatte. Dieses wurde ihr 1488 verliehen. Die dortige Entstehung der roten Buche kann bis in den Anfang des fünfzehnten Jahrhunderts zurückverfolgt werden. Die Neigung zur Blutbuchenbildung war also nicht an einen bestimmten Ort gebunden gewesen, und der Verdacht erhebt sich,

daß *ein innerer Faktor der Entwicklung* — der Evolution — für die Entstehung verantwortlich gemacht werden kann.

Seit den 70er und 80er Jahren des vorigen Jahrhunderts wurde ein Hauptorchideenstandort in der Gemeinde Dättikon des Kantons Zürich von vielen der angesehensten Botanikern der Schweiz alljährlich genauestens untersucht, besonders seit 1876, wo einmal ein seltener Ophrysbastard dort gefunden wurde. Diese Exkursionen durchquerten stets die orchideenreichsten Gegenden. In den botanischen Museen der Schweizer Universitäten wurden schon seit 1815, dem Fundjahr von zwei Exemplaren einer Abart der Bienenophrys, Ophrys apifera ssp. Trollii, zahlreiche genaue, kolorierte Abbildungen der Ophrysfunde wiedergegeben. Aber weder die Ophrys Trollii noch sonst etwas Auffallendes hatte sich gezeigt. Der Züricher Professor für innere Medizin, O. NAEGELI, aber, seit seiner Jugend ein eifriger Botaniker und jetzt der Vorkämpfer intensiverer Beschäftigung der Mediziner, mit Botanik und Zoologie, der seit 16 Jahren sich speziell mit Variationen der Ophrys apifera befaßte, fand in einer großen selbstgemalten Sammlung eines Apothekers aus dem Jahre 1878 *eine Ophrys apifera mit zweifarbiger Lippe*. Eine solche wurde dann 1912 in natura von NAEGELI gefunden und als *Ophrys apifera bicolor* beschrieben. Sie wich auch in der Form der Unterlippe und der inneren Perigonblätter von der Stammart deutlich ab. Der Apotheker, der sicher die Form nicht öfter fand, legte ihr weiter keine Bedeutung bei, NAEGELI aber fand in der neueren Zeit im Tale der Eulach auf einer Länge von 20 Kilometern mehrere Tausende dieser abweichenden Form. Gelegentlich findet sie sich in Reinkultur, und es wäre nicht schwer, an einem Tage Hunderte in kurzer Zeit zu sammeln. Daß hier keine Bastardbildung vorliegt, beweist der Umstand, daß *Ophrys apifera Selbstbefruchter* ist, die Nachkömmlinge im Sinne der Vererbungslehre also *Homozygoten*. DARWIN hatte die ausschließliche Selbstbefruchtung bei dieser Pflanze festgestellt. Er schrieb damals an einen Freund: „Wenn eines mich wünschen ließe, noch 1000 Jahre zu leben, so wäre es die Begierde zu sehen, wie Ophrys apifera degeneriert." „Es ist ganz anders gekommen", schreibt NAEGELI: „Während man früher von Abarten der Ophrys apifera fast nichts wußte, sind erst in den letzten 20 Jahren ganz außerordentliche Mengen der allerverschiedensten Abarten aus den verschiedensten Ländern bekanntgeworden. Man kommt zu der Überzeugung, daß fast ganz plötzlich diese Pflanze in eine Evolutions- oder Mutationsperiode hineingekommen ist und eine Unmenge der prachtvollsten und seltsamsten Neuschöpfungen wie aus einem Feuertopf herauswirft, und DARWIN hätte nur noch 50 Jahre leben müssen, um diese fabelhafte Evolution zu sehen."

Ich habe hier zwei Beispiele desjenigen Vorganges aus dem Gebiete der Deszendenzlehre besprochen, dem nach dem übereinstimmenden Urteil der bedeutendsten Vertreter der Entwicklungslehre in den organischen Reichen der Natur für die Bildung neuer Arten, Elementararten als Gliedern der großen Kollektivarten, die größte Bedeutung zukommt, nämlich *den Mutationen*. Der kürzlich verstorbene, bedeutende dänische Botaniker JOHANNSEN vertritt in seinen neuesten Werken (1926) den Standpunkt, *daß Änderungen der Konstitution eines organischen Wesens nur durch Mutation zustande kommen*.

Im Anfang dieses Jahrhunderts hat der große holländische Botaniker HUGO DE VRIES seine Mutationslehre begründet, die im Gegensatz zu LAMARCK und DARWIN eine Neubildung von Arten nicht durch langsam erfolgende kleine Änderungen, sondern durch plötzliche, sprunghafte Variationen zustande kommen ließ. Im Gegensatz zu der sog. Fluktuation, fluktuierenden Variabilität, individuellen Variabilität oder den sog. Plus- und Minusvariationen, auf die DARWIN seine *Selektionstheorie* durch natürliche Zuchtwahl im Kampfe ums Dasein begründet hatte, kommen durch Mutation bei fehlenden äußeren Ursachen und fehlenden Zwischengliedern — Übergängen — zur Stammart plötzlich in mehrfachen oder zahlreichen Merkmalen abweichende neue Formen zustande. Keine Vorbereitung zu dem „Sprung" ist erkennbar. Die ersten mutierten Repräsentanten der neuen Rasse zeigen alle Eigenschaften dieses neuen Typus *mit einem Schlage* in voller Entfaltung. Nicht eine Reihe von Generationen, nicht Auslese, nicht Kampf ums Dasein sind erforderlich für dieses Ziel. Die Samen der ersten Mutanten ergeben immer nur den neuen Typus ohne Rückschläge und ohne weitere Ausbildung. Alle Mutanten eines Typus waren einander ebenso genau gleich wie die Individuen alter elementarer Arten unter sich. Der Hauptstamm, von dem die Mutationen als Seitenzweige ihren Ausgang nehmen, kann unverändert neben den Mutanten weiterbestehen und immer noch an Zahl der Individuen den Hauptbestand der Kollektivart bilden. Die neuen elementaren Arten sind *sogleich völlig* konstant. *Die dauernde Vererblichkeit der neuen Form ist die wesentlichste Eigenschaft der Mutation*.

DARWIN kannte diesen Modus der Bildung neuer Arten als Faktor der Deszendenz auch schon, legte aber den „sports" oder „single variations", wie die Züchter früher diese Vorkommnisse nannten, nur die Bedeutung extremer Fluktuationen bei, wie man sie durch künstliche, immer wiederholte Auslese auch erzielen konnte. *Die fluktuierende Variabilität aber ist ohne diese fortgesetzte Auslese dem Rückschlag schon nach wenigen Generationen unterworfen, die Mutation nicht.* Dies ist der schärfste Gegensatz zwischen diesen beiden großen Typen der Variabilität, von denen man die erstere heute zu den *„Modifikationen"* oder *„Paravariationen"* rechnet, während die *Mutation* auch als *„Idiovariation"* bezeichnet wird, um ihrer

Begründung in einer dauernden Keimesänderung Ausdruck zu geben. Die Fluktuationen kommen bei dem jeder Form innewohnenden Trieb zum Schwanken um einen Mittelwert (Gesetz von QUÉTÉLET, GALTONsche Kurve) durch *äußere* Einwirkungen, *Ernährungsfaktoren*, zustande und äußern sich nur in Abweichungen der Größe und Zahl. Sie spielen z. B. eine große Rolle bei der Hervorbringung neuer Getreiderassen, die aber eben zu ihrer „Erhaltung" der fortgesetzten künstlichen Auslese bedürfen. Von selbst besitzen sie keinen dauernden Wert, ebensowenig wie die *Standorts- oder ökologischen Modifikationen*, die wir bei einer Anzahl Pflanzen sehen, je nachdem sie z. B. ganz im Wasser oder nur zum Teil oder ganz trocken stehen (Sagittaria sagittaefolia, Polygonum amphibium, Potamogeton gramineus), je nachdem wir sie aus den Hochalpen in die Ebene verpflanzen und wieder zurück. Auch die *„Keimesinduktion"* oder *„Paraphorie"*, die sich als artenbildender Faktor aufbaute auf der heute fast ganz verlassenen Annahme der „Vererbung erworbener Eigenschaften", ist trotz der bekannten Schmetterlingsversuche von FISCHER und STANDFUSS und der Salamanderversuche KAMMERERS wohl zu Grabe getragen und damit der *alte* und *neue Lamarckismus*. Was durch *äußere* Einwirkung, durch das Soma, d. h. durch die Körperzellen hindurch auf die Keimsubstanz erreicht werden kann, erlischt nach höchstens 2—3 Generationen wieder. Dagegen spielt die *Bastardierung*, *Kombination*, *Hybridisation* oder *Mixovariation* eine große Rolle bei der Bildung neuer Formen, besonders in Verbindung mit der ungeschlechtlichen Fortpflanzung, der *Parthenogenesis* und *Apogamie*, in der Nachkommenschaft der Bastarde. Das Urteil über die Bewertung der Bastardierung als Faktor für die Bildung neuer konstanter Arten ist bei den verschiedenen Forschern noch sehr verschieden. LOTSY z. B. erblickt in der Mixovariation den alleinigen Urheber neuer Formen. Sicher ist ihre Bedeutung bei den verschiedenen Gattungen und Arten verschieden, bei den Gattungen der Rosen und Brombeeren, z. B. stark, bei den Hieracien sehr stark.

Jedenfalls bleibt als wichtigstes neuschöpferisches Prinzip die Mutation bestehen[1]. Sie ist innerhalb der einzelnen Arten nicht zu jeder Zeit aktiv, sondern periodisch, wie wir bei der Ophrys apifera bicolor sahen. Nach dem einstimmigen Urteil der modernen Erblichkeitsforscher beruht sie nur auf inneren Ursachen im Bereich der Erbmasse, d. h. der Summe der Erbeinheiten oder Gene. Nur *die Weckung* der *vorher latent* in der Erbmasse schlummernden Mutationsneigung geschieht nach DE VRIES durch äußere Einwirkungen. Er gestand noch 1906 ein, daß das wahre Wesen der Mutation noch ganz unbekannt sei. Inzwischen hat nun die ganze Vererbungslehre einen ungeahnten Aufschwung genommen — man denke nur an das Wiederaufleben und den Ausbau der MENDELschen Regeln — und sich an die, wenn auch häufig nur theoretische oder hypothetische Klärung der schwierigsten Fragen gewagt, gestützt durch sinnreiche experimentelle Behelfe. Während Prof. GOLDSCHMIDT in Dahlem annimmt, daß den sichtbaren Mutationen Mutationen der Erbeinheiten oder Gene aber nur *quantitativer* Art, nach dem Vorgang einer *Fermentwirkung* oder *Katalyse*, speziell einer Autokatalyse, zugrunde liegen, bestreiten dies Prof. MULLER (Texas) ebenso wie LENZ (München) mit der Begründung, daß die Gene nicht aus einer Vielheit *gleichartiger* Moleküle bestehen, also nicht Enzyme (Fermente) sein können, aber auch aus anderen bekannten Tatsachen der Erblichkeitslehre. WETTSTEIN (Wien) hält die Gene überhaupt für unveränderlich, stabil, konstant. Nur durch *neue Kombinationen der Gene, durch Verschiebungen im Gleichgewichtszustand der Genkomplexe* kommen *neue konstante Formen* zustande. Vom Standpunkt WETTSTEINS aus muß die Beeinflußbarkeit der Gene durch Milieueinwirkungen abgelehnt werden. Er redet aber erneuter Prüfung dieser Frage das Wort.

Der bei meinem zweiten Mutationsbeispiel, der Ophrys apifera bicolor, oben wiederholt genannte Professor der inneren Medizin in Zürich, O. NAEGELI, legte 1918 in seiner Antrittsvorlesung den Grund dazu, gewisse Veränderungen in der Art „Mensch", „Homo sapiens", nicht mehr wie bisher als „Krankheiten", sondern als „Mutationen" aufzufassen. Bei der seither wiederholt erfolgten Bekundung dieser neuen Auffassung war er ganz durchdrungen von dem Gedanken, *daß die Medizin nur ein Sektor jenes großen Kreises ist, der sich Naturwissenschaft nennt*, und daß der Radius dieses Sektors die gleiche Länge hat wie der Radius des Gesamtkreises der Naturwissenschaften. Der „Mensch" ist im Sinne der letzteren eine große „Sammel- oder Kollektivart", die in hohem Grade variabel ist. Die Entstehung der großen „Menschenrassen" ist eigentlich nur durch große „Sprünge" zu erklären. Die Konstanz der Eigenschaften bei der Vererbung in diesen Rassen ist absolut klar. Auch die deutliche Trennung und die frühere geographische Begrenzung der Rassen entspricht unseren Erfahrungen über Mutationen. Durch Bastardbildung ist die *Entstehung* der verschiedenen Menschenrassen nicht zu erklären. Abgesehen von den *nachträglich* durch Kreuzung entstehenden Rassenmischformen fehlen alle Zwischenglieder zwischen den in so hohem

[1] Es muß betont werden, daß, wie bei allen Arten der Variabilität, so auch bei der Mutation, diese nicht etwa der Ausdruck einer beginnenden Degeneration der Stammform ist. Keineswegs aber hat sie auch im positiven Sinne etwa immer eine Art „Höherzüchtung" zum „Zweck". Es können Varianten, speziell Mutanten, auftreten, die der Umwelt gegenüber ungünstiger dastehen als die Stammformen. Diesen fehlt dann die Kraft, sich dauernd zu behaupten und sie werden ausgemerzt durch die natürliche Auslese im Kampf ums Dasein. Insofern besteht die DARWINsche Selektion auch heute noch zu Recht, während ihr neuschöpferische Eigenschaften fast allgemein abgesprochen werden.

Grade voneinander abweichenden Menschenrassen. *So ist die Mutationslehre heute die einzige, die uns eine gewisse Vorstellung von der Entstehung der Menschenrassen geben kann.*

Aber auch von der Enstehung kleinerer und kleinster Gruppen mit besonderen, aber konstant vererbbaren Merkmalen. In einzelnen Familien ist seit Jahrhunderten ein Zustand vererbt, der mit einer an die Auflösung der roten Blutkörperchen gebundenen Form von Gelbsucht einhergeht, die sog. *„konstitutionelle hämolytische Anämie"* oder der *„hämolytische Ikterus"*. Schon die Neugeborenen besitzen eine ganz andere Art roter Blutkörperchen, selbst wenn noch jahrelang keine Blutarmut oder Gelbsucht besteht. Sie sind scheinbar kleiner, in der Tat aber wegen stärker kugeliger Form größer als die normalen und sind gegen Salzlösungen weniger widerstandsfähig als diese. *Hier liegt keine „Krankheit" vor, sondern eine ganz andere „Art" Mensch, eine besondere elementare Art, eine Subspezies etwa wie die Ophrys apifera bicolor.* Rein medizinische Erklärungsversuche, klinische oder experimentelle Fragestellungen bringen uns hier nicht weiter, wo keine Zwischenglieder zwischen dieser erblich-konstitutionell abweichenden Art und der Stammart des normalen typischen Menschen existieren. Es handelt sich um eine echte Mutation mit einer ganz neuen und abweichenden Art roter Blutkörperchen, die die Blutauflösung, Anämie und Gelbsucht bedingen. Ebenso zu bewerten ist die im württembergischen Schwarzwaldkreis in manchen Familien seit Jahrhunderten vorkommende *„atrophische Myotonie"*, eine mit Starbildung in der Jugend beginnende, später mit krampfartiger Muskelspannung einhergehende und zuletzt in Schwund der Muskeln ausgehende „Affektion", die unseren naturwissenschaftlich geschulten Sinnen eben auch eine Mutation bedeutet. Das gleiche gilt für eine *teilweise Farbenblindheit, den Daltonismus*, und für die bekannte *Bluterkrankheit, die Hämophilie.*

Eine ganze Anzahl sog. *„Abnormitäten"* oder auch *„Mißbildungen"* kann man mit Recht den Mutationen zurechnen, wie z. B. die Mehrfingerigkeit oder *Polydaktylie*, die Versteifung im ersten Kleinfingergelenk, die *Kamptodaktylie*, die sog. *Hammerzehe*, gleichzeitig mit abnormer Gestalt, Stellung und Beweglichkeit des Daumens, das *erbliche Auftreten von Brüchen*. Auch die *hängende Unterlippe der Habsburger*, das *weiße Haarbüschel* in der französischen Herzogsfamilie *der Rohan* gehören hierher. NAEGELI führt allein für den Menschen 54 verschiedene auf Mutation zurückzuführende Abweichungen an und H. WERNER SIEMENS noch eine ganze Anzahl mehr.

Die nach langem Widerstreben jetzt zugegebene große *Variabilität der Krankheitserreger*, besonders der Bakterien, gehört nicht den eigentlichen Mutationen an, weil es sich nicht um eine geschlechtliche Fortpflanzung bei ihnen handelt. Man rechnet sie den *Dauermodifikationen* (JOLLOS) oder den *Langdauermodifikationen* (NAEGELI) zu und leitet von ihnen den außerordentlich verschiedenen Verlauf der großen ansteckenden Epidemien oder Seuchen ab. Doch dies ist ein sehr interessantes Kapitel, das eine eigene Betrachtung erfordert.

Wir haben bei unseren heutigen Betrachtungen gesehen, daß in den organischen Naturreichen kein Stillstand in der Entwicklung herrscht, keine Erstarrung der belebten Formenwelt, sondern ein, wenn auch nicht kontinuierliches, so doch zeitweises Streben nach Bildung neuer Formen, in allererster Linie durch Mutation. Vor allem sahen wir, daß der „Mensch" den gleichen Gesetzen der Veränderlichkeit unterworfen ist und daß er sich auch dadurch harmonisch in die Entwicklung der organischen Naturreiche einordnet.

Das Reduktionspotential des Cystein[1].

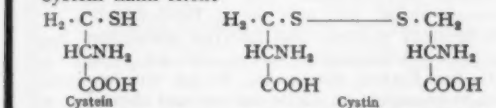
Von L. MICHAELIS und L. FLEXNER.

Die Bedeutung der Sulfhydrilverbindungen für die Atmung der Zelle ist, obwohl schon von früheren Autoren, insbesondere von HEFFTER, vermutet, durch die Arbeiten von O. WARBURG in ein neues Stadium der Diskussion getreten. Der einfachste Repräsentant dieser Körper ist das Cystein, und alles spricht dafür, daß die komplizierteren Derivate desselben, wie das Glutathion von HOPKINS, sich in allen wesentlichen Punkten ebenso verhalten. Die von WARBURG studierte Eigenschaft des Cysteins besteht darin, daß sein Komplex mit Eisen oder Kupfer molekularen Sauerstoff aktiviert. Während eisenfreies Cystein nicht autoxydabel ist, macht die geringste Spur eines Eisensalzes das Cystein empfindlich gegen Sauerstoffgas. Es handelt sich hiermit um die Aufklärung einer Katalyse: Cystein ist ein reduzierendes Agens, molekularer Sauerstoff ein oxydierendes Agens, und das Schwermetall bewirkt, daß die thermodynamisch mögliche Reaktion zwischen Cystein und Sauerstoff mit meßbarer Geschwindigkeit vonstatten geht. Diese und zahlreiche andere Untersuchungen beziehen sich alle auf die Aufklärung von Reaktionsgeschwindigkeiten, um die Bahnung thermodynamisch erwartbarer, aber spontan nicht mit merklicher Geschwindigkeit verlaufender Oxydationsvorgänge.

Zur vollen Charakterisierung eines Oxydationsprozesses gehört aber außer der Geschwindigkeit der Reaktion auch die chemische Affinität desselben. Eine exakte Definition einer solchen ist allerdings nur bei reversiblen Prozessen möglich, und praktisch alle Oxydationen, die in der Zelle vor sich gehen, gehören zu den irreversiblen Prozessen. Auch die Oxydation des Cysteins ist nicht reversibel im strengen Sinne des Wortes. Die erste

[1] Vorläufige Mitteilung einer im *Journal of Biological Chemistry* im Druck befindlichen Arbeit.

Oxydationsstufe des Cysteins ist das Cystin. Cystein kann leicht



Cystein Cystin

zu Cystin oxydiert werden, und Cystin kann leicht (z. B. mit Sn + HCl) zu Cystein reduziert werden. Und doch bildet eine Mischung von Cystein und Cystin nicht ein reversibles Oxydationsreduktionssystem, wie eine Mischung von Hydrochinon und Chinon es ist. Es ist charakteristisch für ein reversibles Redoxsystem, daß es gegen eine indifferente Elektrode aus blankem Platin oder Gold einen Potentialunterschied zeigt, der eindeutig bestimmt wird durch die Konzentration der reduzierten Stufe, der oxydierten Stufe, und meist auch der Wasserstoffionenkonzentration. Diese seit langer Zeit besonders für anorganische Redoxsysteme aus den Arbeiten von LEBLANC, HABER, FREDENHAGEN, PETERS und vielen anderen festgestellte Tatsache hat neuerdings für viele organische reversible Redoxsysteme durch BILMAN und besonders durch M. W. CLARK ihre vollständige Bestätigung an zahlreichen Beispielen erhalten und die mannigfachsten Anwendungen gefunden. Das System Cystein-Cystin gehört *nicht* zu den reversiblen Systemen, denn eine Mischung dieser Substanzen zeigt nicht ein solches Potential, daß es eindeutig durch die Konzentration von Cystein, Cystin und Wasserstoffionen bestimmt würde. Andererseits unterscheidet sich dieses von anderen irreversiblen Systemen dadurch, daß es in der Tat ein genau meßbares Potential bestimmt, nur hängt seine Größe von den einzelnen Komponenten des Systems in anderer Weise ab als bei den gewöhnlichen reversiblen Systemen.

Die erste Beobachtung, daß man mit Cysteinlösungen an indifferenten Elektroden ein bestimmtes Potential erhalten kann, wurde von DIXON und QUASTEL gemacht. Sie konnten ein festes Potential erhalten, allerdings nur mit einer einzigen Art von Elektrode, nämlich mit massivem Gold, während Platin in jeder Form sowie auch vergoldetes Platin unstete, nicht zum Gleichgewichte kommende Potentiale gaben. Aber selbst mit massivem Gold waren die Resultate nicht reproduzierbar, sie schwankten mit verschiedenen Exemplaren von Goldelektroden, selbst mit der gleichen Elektrode von Tag zu Tag, und nur *eine* Gesetzmäßigkeit konnte festgestellt werden, wenn eine Reihe von Versuchen hintereinander (in einem „Titrationsexperiment") mit einer Elektrode rasch hintereinander gemacht wurde. Das Resultat dieser Befunde kann durch folgende Formel ausgedrückt werden. Das Potential E ist

$$E = E_0 + \frac{RT}{F} \ln \frac{[H^+]}{[\text{Cystein}]}.$$

Die Konstante E_0 schwankte, je nach der Individualität der Goldelektrode, um mehr als 50 Millivolt. Es ist charakteristisch für diese Formel, daß in ihr die Konzentration des Cystins, der oxydierten Stufe, nicht vorkommt. In der Tat stellt diese Beobachtung eine Tatsache dar, die wir trotz anderer Einwendungen, die wir gegen DIXONS und QUASTELS Versuche machen werden, voll bestätigen können. Eine Lösung von Cystein gibt in der Tat ein durch die obige Formel darstellbares Potential, welches nicht dadurch beeinflußt wird, ob und wieviel Cystin in der Lösung sich neben Cystein befindet. In einer späteren Arbeit wendet DIXON auch Quecksilber als indifferente Elektrode an und findet das Potential des Cysteins an dieser um etwa 200 Millivolt mehr negativ als an Gold. Die Theorie, die er für die Einstellung dieser Potentiale gibt, beruht auf dieser Beobachtung, daß das Potential an verschiedenen Elektroden verschieden ist, obwohl seine Variation mit der Änderung der Cystein- und Wasserstoffionenkonzentration stets durch die obige Formel wiedergegeben werden kann. Seine Theorie ist folgende: Cystein belädt die Elektrode mit Wasserstoff, aber Cystin hat nicht die Fähigkeit, Wasserstoff aus der beladenen Elektrode aufzunehmen. Der Betrag, bis zu welchem die Elektrode von Cystein mit Wasserstoff aufgeladen werden kann, ist nicht durch die Reversibilität des Vorgangs, sondern dadurch auf einen endlichen Wert beschränkt, daß das Metall den empfangenen Wasserstoff in die umgebende Lösung diffundieren läßt. Die Fähigkeit der verschiedenen Metalle, elektrolytisch aufgepfropften Wasserstoff als Wasserstoffgas in Freiheit zu setzen, kann gemessen werden an dem Grade, mit welchem die Metalle bei kathodischer Polarisation eine Wasserstoffüberspannung annehmen. Gold hat bekanntlich eine kleine, Quecksilber eine sehr große Wasserstoffüberspannung, und darum kann Quecksilber zu einem höheren Reduktionspotential von Cystein aufgeladen werden als Gold.

Diese Theorie können wir nicht bestätigen. Es zeigte sich nämlich, daß bei sorgfältigstem Ausschluß jeder Spur von Sauerstoff das Reduktionspotential einer Cysteinlösung völlig gleich ist, ob man Elektroden aus blankem Platin, vergoldetem Platin oder Quecksilber anwendet. Massives Gold ist eine Ausnahme und verhält sich in mancher anderen Beziehung so abnorm, daß es verworfen werden muß, wie es ja denn auch niemals sonst für derartige Untersuchungen empfohlen worden ist. Nur an massivem Gold sind die Potentiale individuell für jede einzelne Elektrode, und offenbar stellt sich hier aus irgendwelchen Gründen ein individuelles und falsches Gleichgewicht ein. Die 3 Elektroden Platin, Gold (in Form eines elektrolytischen Überzugs an Platin) und Quecksilber unterscheiden sich nur darin, daß die Geschwindigkeit, mit der das definitive Potential bei Abwesenheit von Sauerstoff erreicht wird, verschieden ist. Die definitive Einstellung erfordert bei Platin mehrere Stunden, bei Gold meist noch etwas länger als bei Platin, in Quecksilber geht es ganz

wesentlich schneller, mitunter dauert es kaum länger, als man die völlige Austreibung des Sauerstoffs aus der Lösung durch Stickstoff als beendet betrachten kann. Bei Quecksilber ist das Potential unabhängig davon, ob man den Sauerstoff mit Stickstoff oder mit Wasserstoff austreibt, während an der Platinelektrode Wasserstoff aus naheliegenden Gründen nicht zur Austreibung des Sauerstoffs angewendet werden darf. Die Tatsache, daß die Sättigung der Lösung mit Wasserstoffgas von 1 Atmosphäre Druck an Quecksilber das Potential sich nicht ändert gegenüber dem Wert in einer N_2-Atmosphäre, beweist besonders gut, daß die Dixonsche Annahme über das Wesen dieses Potentials nicht zutreffen kann.

Das Wichtigste an der Technik ist die völlige Abwesenheit von Sauerstoff in dem angewandten Stickstoff, mit dem der Sauerstoff aus den Lösungen ausgetrieben wird. Er wurde über erhitztem Kupfer bei 550—600° gereinigt und niemals durch Gummischläuche geleitet. Wurde dem gereinigten Stickstoff Sauerstoff absichtlich beigemischt, so wurde das Potential stets positiver und war in diesem Fall auch von der Geschwindigkeit der Gasdurchleitung oder vom Schütteln des Gefäßes abhängig. Schon Sauerstoffbeimengungen von 1 : 40 000 waren wesentlich störend bei Platin, während Quecksilber nicht ganz so empfindlich ist. Die Gleichung von Dixon und Quastel kann der Form nach aufrechterhalten werden, und der Wert von E_0 beträgt dann — 0,001 Volt, bezogen auf die Normalwasserstoffelektrode bei 38°, mit einer Reproduzierbarkeit von ± 0,002 Volt. Die Gültigkeit der Formel konnte über ein Konzentrationsbereich des Cysteins von 0,1 bis mindestens 0,0002 molar, und über ein p_H-Bereich von 2—8 festgestellt werden. Bei höheren Alkalitäten beginnt die Abhängigkeit vom p_H geringer zu werden als der Formel entspricht. Es ist uns bis jetzt nicht gelungen, an Stelle der von uns abgelehnten Theorie von Dixon für die Bedeutung dieses Potentials eine andere zu finden. In Unkenntnis vom inneren Wesen dieser Potentiale können wir auch nicht vorhersagen, inwieweit diese Messungen zur Charakterisierung der Affinität der hierbei in Betracht kommenden chemischen Prozesse verwendet werden können. Auf alle Fälle ist damit eine Erscheinung bekannt geworden, deren Aufklärung sowohl rein physikalisch-chemisch wie auch physiologisch eine Bedeutung haben muß.

Es sei noch erwähnt, daß die Potentiale von der Menge anwesender Eisensalze in weiten Grenzen unabhängig sind und auch nicht verändert werden, wenn die geringen Spuren Eisen, die in den Lösungen gewöhnlich noch vorhanden sind, durch KCN gebunden werden.

Schon jetzt kann man sagen, daß die Potentiale, die entweder potentiometrisch oder mit Hilfe der Clarkschen Farbstoffindikatoren unter anaeroben Bedingungen in Gewebsextrakten oder innerhalb der Zellen gemessen worden sind, sowohl in bezug auf ihre Größenordnung sowie auch in bezug auf den Zeitfaktor, der bei ihrer Einstellung in Erscheinung tritt, durch die Cysteinpotentiale nachgeahmt werden können.

Besprechungen.

GRIMPE, G., und E. WAGLER, **Die Tierwelt der Nord- und Ostsee.** Lieferung V, Teil IX d_1: Lamellibranchia von F. Haas (96 S., 41 Abb.); Teil XII a_1: Copelata von A. Bückmann (20 S., 17 Abb.). Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft 1926. 15×22 cm. Preis RM 8.80.

Seiner Bearbeitung der Lamellibranchiaten legt Haas das System von Thiele zugrunde. In dem recht praktisch angeordneten Bestimmungsschlüssel sind mit Recht Merkmale, die nur ausländischen Formen zukommen, unberücksichtigt geblieben. Eine Zusammenstellung von Vulgärnamen für 48 Spezies und Genera und sehr ausgiebige Verbreitungstabellen bilden wertvolle Ergänzungen des systematischen Teiles. Ganz skizzenhaft ($3^1/_2$ Seiten, 1 Figur) ist die Anatomie behandelt. Der Embryologie, Physiologie, Ökologie, sowie der wirtschaftlichen Bedeutung sind dagegen eingehende Darstellungen gewidmet. Für die Copelaten (Appendicularien) gibt Bückmann eine knappe, aber ausreichende und verhältnismäßig reich illustrierte Zusammenfassung alles Wissenswerten.

Lieferung VI, Teil X e_1: Epicaridea von F. Nierstrasz und G. A. Brender à Brandis (56 S., 171 Abb.); Teil X h_1: Stomatopoda von H. Balss (8 S., 2 Abb.); Teil X h_2: Dicapoda von H. Balss (104 S., 38 Abb.); Teil XII g_2: Teleostei Physoclisti 6, Gadiformes von W. Schnakenbeck (44 S., 38 Abb.). Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft 1926. 15×22 cm. Preis RM 16.80.

Der Beitrag von Nierstrasz und Brender à Brandis beginnt mit der Entwicklungsgeschichte, da nur diese die Basis für die Kenntnis der ganzen Gruppe der Epicaridea liefern kann. Mit Sars nehmen die Verff. zwei Metamorphosen der Larven an. Der systematische Teil ist außerordentlich reich illustriert, was namentlich wegen der durch Beschreibung schwer charakterisierbaren Weibchen sehr zu begrüßen ist. Von den Stomatopoden, die wohl nur als Irrgäste in der Nordsee auftreten gibt Balss eine kurze aber ausreichende Beschreibung. Ausführlich behandelt derselbe Autor dann die Decapoden. Der Systematik wird die von Boas vorgeschlagene Einteilung in Natantia und Reptantia zugrunde gelegt. In allen Kapiteln ist offenbar möglichste Vollständigkeit angestrebt. Schnakenbeck legt bei seiner Darstellung der Gadiformes entsprechend den Zwecken des Werkes das Hauptgewicht auf Systematik und Ökologie. Von der Anatomie wird nur das die Gruppe gegenüber anderen Knochenfischen charakterisierende berücksichtigt. Dagegen werden die wichtigsten Larvenformen eingehend besprochen und abgebildet, ebenso die als Mops- und Rundköpfe bekannten Mißbildungen. Auffallend knapp wird die wirtschaftliche Bedeutung dieser wichtigen Nutzfische behandelt.

Lieferung XI, Teil VII a_2: Pterobranchia von C. J. van der Horst (8 S., 4 Abb.); Teil VII b: Chactognatha von W. Kuhl (24 S., 9 Abb.); Teil VII d_2: Kinorhyncha von A. Remane (28 S., 20 Abb.); Teil XI a_2: Pantopoda (Nachtrag) von J. Meisenheimer (3 S.); Teil XI b: Tardigrada von G. Rahm (25 S., 17 Abb.);

Teil XI d_1: Anoplura Pinnipediorum von L. FREUND (36 S., 35 Abb.). Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft 1928. 15×22 cm. Preis RM 11.20.

Die Lieferung umfaßt sechs kleine, zum Teil mangelhaft bekannte Gruppen. Die Pterobranchia, von denen nur *Rhabdopleura normani* in der Nordsee vorkommt, behandelt VAN DER HORST in engem Anschluß an SCHEPOTIEFF. In seiner Darstellung der Chaetognathen legt KUHL besonderes Gewicht auf die Beschreibung des ihm durch eigene Untersuchungen genau bekannten Kopfes mit seinem systematisch wie physiologisch gleich wichtigen System von Greifhaken und Zähnen. Über die phylogenetische Stellung der Gruppe spricht er sich sehr zurückhaltend aus. Mit gewohnter Gründlichkeit und Umsicht behandelt REMANE die Kinorhynchen, die er als „Seitenast der von gastrotrichenähnlichen Formen zu den Nematoden führenden Linie" auffaßt. MEISENHEIMERS Nachtrag zu den Pantopoden besteht in einem Bestimmungsschlüssel. Ob die wenigen Anpassungserscheinungen der mit nur einer Art in der Nordsee vertretenen Robbenläuse an das Leben auf einem Seetier wirklich eine so breite Darstellung rechtfertigen, wie FREUND sie ihnen angedeihen läßt, ist eine Frage, die vielleicht nicht jeder Subskribent des Werkes bejahen wird.

J. GROSS, Neapel.

GRIMPE, G., und E. WAGLER, **Die Tierwelt der Nord- und Ostsee.** Lieferung X. Teil VII d_1: *Gastrotricha* von A. REMANE (56 S., 62 Abbild.). Teil XIc: *Halacaridae* von K. VIETS (72 S., 128 Abbild.). Teil XII h_2: Teleostei Physoclisti 11—15 von E. W. MOHR und G. DUNCKER (80 S., 69 Abbild.). Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft 1927. 15×22 cm. Preis RM 16.80.

Von der interessanten Gruppe der marinen Gastrotrichen wird hier zum erstenmal eine zusammenfassende Darstellung geboten. Niemand war dazu mehr berufen als REMANE, verdanken wir es doch seiner unermüdlichen Arbeit, daß die Zahl der bekannten Arten in wenigen Jahren von nur 2 auf 42 gestiegen ist, und auch die Anatomie, Entwicklung, Physiologie und Ökologie dieser bisher stark vernachlässigten Tiere auf ganz neue Grundlagen gestellt wurden. Auch erfahrene Zoologen werden daher hier viel Neues finden. Auch von den Abbildungen ist ein großer Teil neu. Über die Verwandtschaftsbeziehungen der Gastrotrichen spricht Verf. sich mit Recht noch recht zurückhaltend aus. Er meint, man könnte sie am besten als Abkömmlinge von Archianneliden und der Wurzel der Nematoden und Kinorhynchen nahestehend betrachten, erwähnt jedoch auch die von MARCUS hervorgehobenen Ähnlichkeiten mit den Tardigraden.

Auch die Bearbeitung der Halacariden durch VIETS zeugt von vollkommener Beherrschung des Stoffes, auch hier wird namentlich im Abschnitt Anatomie manches grundsätzlich Neue geboten. Die Fortsetzung der Knochenfische enthält die Scleroparei von DUNCKER und die Labriformes von MOHR.

J. GROSS, Neapel.

CREW, F. A. E., **The Genetics of Sexuality in Animals.** Cambridge: University Press 1927. X, 188 S. 14×22 cm. Preis 6 sh.

Das vorliegende Werk bildet einen Band einer Serie von Monographien, betitelt „Cambridge Comparative Physiology". Daß man in einer solchen Serie dem Thema „Genetik der Sexualität der Tiere" einen eigenen Band zugewiesen hat, betrachtet der Verf. als ein erfreuliches Zeichen dafür, daß die Genetik allmählich in eine innigere Verbindung mit der Physiologie kommt. „Der Genetiker", so sagt er im Vorwort, „hat von jeher anerkannt, daß die von ihm ermittelten Tatsachen eine physiologische Interpretation verlangen, daß die genetischen Phänomene als Zeichen der Wirksamkeit einer langen Kette physiologischer Prozesse während der Entwicklung und Differenzierung betrachtet werden müssen." Hiernach richtet sich die Einteilung des Buches. In den beiden ersten Kapiteln, werden die genetischen Grundtatsachen, der Mechanismus der Geschlechtsbestimmung, erörtert. Daran schließt sich in den beiden folgenden Kapiteln die physiologische Theorie der Sexualität, die Physiologie der sexuellen Differenzierung, wobei der Verf. von GOLDSCHMIDTS bahnbrechenden Untersuchungen über die Intersexualität beim Schwammspinner ausgeht. Kapitel V und VI, Geschlechtsumkehr beim geschlechtsreifen Individuum und Vererbungsmodus geschlechtsdimorpher Merkmale, bringen weiteres Material zur Physiologie der Geschlechtsbestimmung. Das Schlußkapitel befaßt sich mit dem Geschlechtsverhältnis und den verschiedenen Faktoren, die es beeinflussen.

Das Buch erhebt nicht den Anspruch, originell zu sein. Der Verf. will vielmehr einen kurzen Überblick über den heutigen Stand der Probleme bieten. Dies ist ihm auch gut gelungen. Die Darstellung ist klar, und die Beispiele sind im allgemeinen gut gewählt. Nur bisweilen hat man den Eindruck, daß der Wert einzelner Arbeiten überschätzt wird. So verdienen es meines Erachtens die angeblich erfolgreichen Kopftransplantationen bei Insekten nicht mehr, daß sie in wissenschaftlichen Veröffentlichungen besprochen werden, ebensowenig wie gewisse Versuche KAMMERERS. Leider hat sich auch eine Reihe von Irrtümern in das Buch eingeschlichen. So werden z. B. *Carausius morosus* und die Phasmiden wiederholt als Hymenopteren bezeichnet. Die Abbildungen sind meist die auch aus anderen Lehrbüchern und zusammenfassenden Darstellungen des Themas bereits bekannten. Ich halte es übrigens nicht für richtig, eine aus einer Arbeit übernommene Originalabbildung zu verändern oder zu ergänzen. CREW gibt einen bilateralen Gynandromorph von *Drosophila* nach MORGAN, BRIDGES und STURTEVANT wieder und fügt auf der weiblichen Seite die Chromosomengarnitur eines Weibchens, auf der männlichen die eines Männchens hinzu. Wenn nun auch kein Genetiker daran zweifelt, daß die verschiedengeschlechtigen Hälften des Individuums sich in dieser Weise in ihrem Chromosomenbestand unterscheiden, so ist doch der cytologische Beweis für die *Drosophila*-Gynandromorphen bisher noch nicht erbracht worden, und gerade aus diesem Grunde haben die genannten Autoren die Chromosomensätze bei der Abbildung weggelassen, während sie diese bei allen den Typen hinzugefügt haben, wie normalen und triploiden Weibchen, Intersexen, wo die cytologische Untersuchung tatsächlich durchgeführt ist.

H. NACHTSHEIM, Berlin-Dahlem.

CORRENS, C., **Bestimmung, Vererbung und Verteilung des Geschlechtes bei den höheren Pflanzen.** (Handbuch der Vererbungswissenschaft C.) Berlin: Gebr. Borntraeger 1928. III, 138 S. und 77 Abb. 17×26 cm. Preis geh. RM 19.20.

Der Begründer der Theorie der Geschlechtsbestimmung greift hier nach 30jähriger Arbeit zur Feder, um unsere derzeitigen Kenntnisse, soweit sie für höhere Pflanzen gewonnen sind, zusammenzufassen. Mit souveräner Beherrschung des gesamten Tatsachenmateriales führt der Verf. uns das Theoriengebäude der Geschlechtsbestimmung vor, das in seinen Fundamenten gesichert, in den oberen Stockwerken und der Detailausgestaltung noch in voller Ausarbeitung, oft

erst in den Anfängen steht. Dem Fernstehenden ist hier die Möglichkeit geboten, sich in alle Einzelheiten, der oft gerade im Pflanzenreich recht verwirrenden Mannigfaltigkeit der Geschlechtsverteilung und -bestimmung einzuarbeiten. Man legt die Schrift mit dem Gefühl aus der Hand, daß kaum ein Gebiet der Biologie auf sichereren experimentellen Beweisen aufgebaut ist. Wenn überhaupt, muß es dieser Darstellung gelingen, den Vorstellungen über genotypische und phänotypische Geschlechtsdifferenzierung zum Durchbruch zu verhelfen und die oft so merkwürdig zäh festgehaltenen falschen Ansichten hier endgültig zu bereinigen.

Der Spezialist wird die Ausführungen deshalb mit besonderem Vergügen verfolgen, weil er auf Schritt und Tritt neue Versuchsergebnisse des Verf. mitverarbeitet findet, die bisher noch nicht veröffentlicht waren. Man findet eine Stellungnahme zu verschiedenen Hypothesen und Versuchsergebnissen anderer Autoren der letzten Jahre, die gerade von CORRENS besonders interessieren müssen.

Man wird überall in die vorderste Linie geführt und bekommt den rechten Eindruck von der großen Arbeit, die geleistet ist und der noch umfangreicheren, die zur vollen Ausschöpfung noch geleistet werden muß. Besonderen Genuß bieten die Stellen, wo der Übergang von rein faktorieller Deutung einzelner Versuchsgruppen zum physiologischen Verständnis der Vorgänge versucht wird. Gerade die Wechselbeziehungen von Realisatoren und Geschlechtsanlagen, ihr Zusammenwirken mit Außenbedingungen, ihre Abschwächung und Verstärkung bieten ja die erfreulichste Grundlage, von der aus eine physiologische Betrachtung der Vererbungsvorgänge und ein Verständnis der Umsetzungen, die von Erbgut zur Eigenschaft führen, versucht werden kann. FRITZ V. WETTSTEIN, Göttingen.

ELTON, CHARLES, **Animal Ecology.** With an Introduction by JULIAN S. HUXLEY. London: Singwick & Jackson 1927. XX, 207 S. 14×22 cm. Preis 10 sh. 6 p.

Das vorliegende Werkchen will kein systematisches Lehrbuch der Ökologie der Tiere sein; es sollen nur gewisse Grundsätze und Arbeitsweisen der Ökologie beschrieben und an Beispielen erläutert, aber keine erschöpfende Darstellung des ganzen weitläufigen Stoffes gegeben werden. Auch die Auswahl dessen, was behandelt wurde, mußte lückenhaft bleiben, wenn Verf. einigermaßen in die Tiefe gehen wollte. Er betrachtet in der Hauptsache die Tiergemeinschaften nach verschiedenen Seiten, den Kreislauf der Nahrung und, in ein paar fesselnden Kapiteln, die Zahlen der Tiere. Für die junge Wissenschaft der Ökologie liegen zwar eine Menge wertvoller Tatsachen bereit, die in vielen Werken verzettelt und oft an ganz versteckten Stellen aufgezeichnet sind. Das sind aber meist Gelegenheitsbeobachtungen; die müssen gesammelt, geordnet, durchdacht und verknüpft werden. Das führt zur Stellung von Fragen, die der exakten Untersuchung zugänglich sind. Zielbewußte Forschung ist — in Vergleich zu anderen Zweigen der Zoologie — noch wenig geleistet worden. Dies Buch liefert in manchen Richtungen Pionierarbeit und ebnet den Boden für weitere Untersuchungen. Verf. hat eine glückliche Art der Behandlung des Stoffes, flicht vielfach originelle Gedanken ein und stellt interessante Probleme. Der Abschnitt über Methode der Ökologie ist für den Anfänger sehr nützlich. Das Buch verdient warme Empfehlung.

Sehr beachtenswert ist die Einleitung des Herausgebers mit seinen Vorschlägen, wie, unter Beibehaltung der vergleichenden Morphologie als Grundlage, doch den vielen anderen Richtungen der zoologischen Forschung im Unterricht Rechnung zu tragen sei. R. HESSE, Berlin.

ZACHER, FRIEDRICH, **Die Vorrats-, Speicher- und Materialschädlinge und ihre Bekämpfung.** Berlin: Paul Parey 1927. VII, 381 S., 8 Farbendrucktafeln und 123 Textabbildungen. Preis geb. RM 18.—.

Das Buch ist laut Vorwort aus der Praxis hervorgegangen und soll in erster Linie ein Hilfsbuch für Handel, Industrie, Gewerbe und Landwirtschaft sein. In zweiter Linie wendet es sich an Fachzoologen, besonders an Vertreter der angewandten Entomologie. Für den Praktiker konnte der an und für sich dankbare Stoff bei weitem ausführlicher dargestellt werden und unter einheitlichen didaktischen Gesichtspunkten. Dem Fachentomologen bietet es nur spärlich Neues, da allgemeinere Gesichtspunkte biocönotischer, ökologischer, physiologischer Art fehlen. *Einteilung:* Der 1. Abschnitt bringt auf rund 13 Seiten eine Übersicht der Schädlinge, geordnet nach geschädigten oder zerstörten Waren.

Im 2. Abschnitt werden auf etwa 260 Seiten die wichtigsten Vorratsschädlinge behandelt. Bei vielen, besonders schädlichen Formen werden kürzere oder längere Ratschläge zur Bekämpfung mitgeteilt, oder es wird auf andere Textstellen verwiesen. Der 2. Teil enthält rund 110 Abb., die zu $^1/_2$ etwa Originale sind und zu $^2/_3$ fremden Autoren entlehnt wurden. Eine Ergänzung finden die Textabb. durch 8 im ganzen gute, farbige Tafeln mit Habitusbildern, die DRESSEL unter der Anleitung des Verf. zeichnete.

Der 3. Hauptabschnitt enthält Ausführungen über allgemeine und besondere Bekämpfungsvorschriften, über Verhütung des Befalles von Vorräten durch Insekten. Im wesentlichen wird Bekanntes zusammengestellt. Die Literatur hätte sorgfältiger berücksichtigt und angeführt werden müssen.

ALBRECHT HASE, Berlin-Dahlem.

LAQUER, **Hormone und innere Sekretion.** (Wissenschaftliche Forschungsberichte, Naturwissenschaftliche Reihe Bd. 1.)

Die Lehre von der inneren Sekretion ist eines der jüngsten Gebiete physiologischer Forschung, aber mit einer Intensität bearbeitet, wie kaum ein zweites neben ihm. Das liegt einmal an dem großen Reiz, den die Entwirrung der vielfach verschlungenen Bahnen hormonaler Korrelation für die Forscher besitzt, dann aber auch daran, daß eine ganze Reihe von Inkretstoffen, auch solchen, die in ihrem chemischen Aufbau bis jetzt noch nicht erkannt sind, zu unentbehrlichen Hilfsmitteln der Therapie geworden sind. Dadurch ist ihre Herstellung in der chemischen Großindustrie angeregt worden und sie sind zu einem leicht zugänglichen Substrat der chemischen und physiologischen Forschung geworden. Besonders zu begrüßen ist deshalb die vorliegende Zusammenfassung über die Forschungsergebnisse aus den Jahren 1915—1927, weil sie aus der Feder eines Mannes stammt, der gleichermaßen im wissenschaftlichen Laboratorium, wie im chemischen Großbetrieb zu Hause ist.

Eine absolut vollständige Zusammenstellung der Literatur über endokrine Drüsen erscheint heutzutage kaum mehr möglich und so sind wohl die 1200 Nummern des Literaturverzeichnisses eine Auslese des Wichtigsten. LAQUER hat die schwierige Aufgabe gelöst, auf dem knappen Raum von 109 Seiten einen Überblick über diese Fülle von Material zu geben, der alles Gesicherte scharf heraushebt, die strittigen Fragen klar entwickelt und nach allen Seiten hin beleuchtet. Die Schrift wird sich als rascher und zuverlässiger Wegweiser auf dem Gebiete der Inneren Sekretion viele Freunde erwerben. SCHMITZ, Breslau.

Herausgeber und verantwortlicher Schriftleiter: Dr.-Ing. e. h. DR. ARNOLD BERLINER, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck der Spamerschen Buchdruckerei in Leipzig.